



Оценка влияния космической погоды на развитие селевого процесса в Приэльбрусье для уточнения оперативных прогнозов селей

И.В. Мальнева, А.А. Черкесов

*Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, malnir@mail.ru,
cherkesov2018@yandex.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния космической погоды на проявление селей в Приэльбрусье и метеорологические условия их формирования по данным метеостанции «Терскол» ежедневно за 2016–2019 годы. Также использованы материалы, размещенные в сети Интернет, на сайтах spaceweather.com, tesislebedev.ru. В первую очередь, это скорость солнечного ветра в околоземном пространстве и плотность протонов в нем. При этом селевой процесс рассматривается как многокомпонентная система, главным звеном в которой является энергия, непрерывно поступающая от Солнца. Установлено, что наиболее опасные метеорологические условия для формирования селей в Приэльбрусье сформировались в 2017 и 2019 гг. при определенной активности Солнца. Наиболее активным был 2017 год (пятна на Солнце, магнитные бури). В этом году наблюдалось катастрофическое проявление селей в ущелье Адьлсу, связанное с прорывом озера Башкара, также в ущелье р. Герхожансу. В 2019 году активность Солнца была очень низкой. За летний период не было ни одной вспышки выше минимального уровня, способного воздействовать на Землю, но отдельные всплески плотности протонов обеспечили метеорологические условия, при которых за один день прошли сели по многим водотокам. Влияние космической погоды может проявить себя только тогда, когда для него будут подготовлены земные природные условия, в значительной степени определяющие активность опасных природных процессов. Результаты наблюдений позволяют уточнять оперативные прогнозы селей от нескольких дней до недели, что необходимо для рационального ведения мониторинга.

Ключевые слова: сели, космическая погода, солнечный ветер, солнечные вспышки, плотность протонов, прогноз

Ссылка для цитирования: Мальнева И.В., Черкесов А.А. Оценка влияния космической погоды на развитие селевого процесса в Приэльбрусье для уточнения оперативных прогнозов селей. 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. 482–490.

Assessment of the influence of space weather on the development of the debris flow process in the Elbrus region to clarify the operational forecasts of debris flows

I.V. Malneva, A.A. Cherkesov

*High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, malnir@mail.ru,
cherkesov2018@yandex.ru*

Abstract. The results of studies of the influence of spaceweather on the manifestation of mudflows in the Elbrus region and the meteorological conditions for their formation according to the daily data obtained by the Terskol Weather Station for 2016 - 2019 are presented. Also, there are used the materials presented on the Internet at

spaceweather.com, tesislebedev.ru, Wetterzentrale.com. First of all, this is the speed of the solar wind in the near-Earth space and the density of protons in it. In this case, the mudflow process is considered as a multicomponent system, in which the main unit is the energy continuously supplied from the Sun. It was established that the most dangerous meteorological conditions for the formation of mudflows in the Elbrus region were formed in 2017 and 2019 at the certain activity of the sun. The most active was 2017 (sunspots, magnetic storms). In this year a catastrophic manifestation of mudflows was observed in the Adylsu gorge, associated with the breakthrough of Lake Bashkara and also in the gorge of River Gerkhonsanshu. In 2019, the activity of the Sun was very low. During the summer period, there was not any flash above the minimum level that could affect the Earth, but individual bursts of proton density provided such meteorological conditions under which many mudflows happened in many streams during one day. The influence of space weather can manifest itself only when terrestrial natural conditions are prepared for it, which largely determines the activity of dangerous natural processes. The observation results allow us to clarify the operational forecasts of mudflows from several days to a week, which is necessary for rational monitoring.

Key words: *debris flow, cosmic weather, solar flares, solar wind, operational forecast*

Cite this article: Malneva I.V., Cherkesov A.A. Assessment of the influence of space weather on the development of the debris flow process in the Elbrus region to clarify the operational forecasts of debris flows. 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. 482–490.

Введение

В настоящее время Приэльбрусье является важнейшим районом отдыха и туризма на территории Российской Федерации. В республике бурно развивается туристический кластер. Ежегодно сотни тысяч туристов находятся на склонах гор. В то же время необходимо обеспечить безопасность жизнедеятельности и комфортное существование как граждан постоянно проживающих на этих территориях, так и приезжающих на отдых. В то же время в Приэльбрусье за последние годы (в 2017 и 2019 гг) произошли два чрезвычайных события, связанных со сходом крупных селевых потоков. В результате этих событий, к сожалению, погибли люди, а объектам инфраструктуры нанесен ущерб на сотни миллионов рублей.

Для обеспечения безопасности населения и всех отдыхающих необходимо предупреждение о проявлении селей в этом регионе. Нужны прогнозы как на год, на сезон, так и, особенно, от нескольких дней до недели – т.е. оперативные прогнозы. Прогнозированием селей очень давно занимаются специалисты Высокогорного геофизического института, Гидрометцентра Кабардино-Балкарии и многие другие организации. Если предположение о селевой активности на год, на сезон осуществляется более или менее успешно, то достоверных оперативных прогнозов фактически не существует. Если методика краткосрочного прогнозирования селей достаточно разработана, для осуществления оперативного прогнозирования не хватает ни средств, ни приборов, ни специалистов.

Для уточнения оперативных прогнозов селей авторы в течение четырех лет (2016–2019 годы) ежедневно во время селеопасного периода вели наблюдения за условиями формирования селей в Приэльбрусье, прежде всего, за метеорологическими условиями, а также за изменением показателей космической погоды по данным сайтов tesislebedev.ru, <http://spaceweather.com> и др.

В работе использованы материалы ГМС «Терскол», метеопоста «Тырныауз», материалы наблюдений синоптиков Гидрометцентра Кабардино-Балкарии в селеопасный период. В селеопасные годы проводилось маршрутное обследование отдельных селевых бассейнов

Содержание исследований

Роль космической погоды в селевом процессе

Селевой процесс рассматривается в работе как многокомпонентная система. Главным звеном в этой сложной системе является энергия, непрерывно поступающая от Солнца, Космическая погода является одним из факторов в этой цепи [Шеко, 1980].

Все факторы, определяющие развитие селевых потоков и других опасных природных процессов, этой сложной многокомпонентной системы, взаимосвязаны и взаимообусловлены. Еще в начале прошлого века практически важные аспекты солнечно-земных связей были названы А.Л. Чижевским «космической погодой». Этим же термином часто называют весь комплекс переменных внешних космических факторов, влияющих на Землю. На вероятность влияния всплесковых значений характеристик космической погоды мы обратили внимание при ежегодных исследованиях условий формирования селей в Приэльбрусье с 2001 до 2019 года (после катастрофического селя 2000 года). Также после анализа возможной опасности формирования катастрофического гляциального селя в долине р. Адылсу в июле 2008 года, когда была потенциальная угроза прорыва высокогорного приледникового озера Башкара. Наличие опасности этой катастрофы предполагалось многими специалистами МГУ, ВГИ и других организаций, но только без учета всех причин, в число которых и входит действие космической погоды. Результаты исследования авторов неоднократно докладывались на специальных конференциях [Гонсировский, 2017]. Как показывают результаты исследования, корпускулярное излучение Солнца достаточно интенсивно проявляет себя у поверхности Земли [Плазменная гелиогеофизика, 2008]. **Постоянный поток корпускул, движущийся от Солнца, называется солнечным ветром.**

Солнечный ветер является основным агентом, посредством которого активные процессы на Солнце влияют на состояние околоземного пространства, геомагнитосферы и приповерхностной области Земли. Это дополнительный источник энергии при развитии опасных природных процессов. «Посредством солнечного ветра происходит перенос импульса и энергии от Солнца к Земле и другим планетам. Поле Земли при этом выходит из равновесия и испытывает колебания. При изменении скорости и плотности этого потока меняется и давление, которое он оказывает на атмосферу Земли – оно то усиливается, то ослабляется. Солнечный ветер становится основным фактором космической погоды». [<http://tesislebedev.ru>]. В некоторых случаях солнечная активность может влиять на возникновение циклонов, но в зависимости от начальной метеорологической обстановки. Основные параметры плазмы геоэффективного солнечного ветра вблизи орбиты Земли имеют следующие характерные значения: скорость 300–800 км/с и более; концентрация протонов в плазме солнечного ветра чаще всего 0,1–10 см³. Наибольшие амплитуды всплесков значений скорости солнечного ветра, достигающие до 1800 км/с и более, наблюдаются тогда, когда он истекает из корональных дыр – открытых магнитных конфигураций с расходимостью магнитных силовых линий [Плазменная гелиогеофизика, 2008]. На основании имеющихся данных были собраны сведения о наиболее значительных проявлениях селей на территории России и стран СНГ в XXI веке, представленные в работе [Мальнева, 2019].

Солнечный ветер мог оказать вспомогательное триггерное, а иногда и решающее влияние на развитие природных катастроф. Имеется в виду за счет энергии плазмы инжекций в приповерхностную область Земли сгустков отделившихся в магнитосферу Земли компонент «обдувающего» её всплескового солнечного ветра. Именно солнечный ветер является транспортным агентом, посредством которого последствия активизировавшихся процессов на Солнце влияют на состояние околоземного пространства и магнитосферы Земли. Эффект этих инжекций плазменных сгустков компонент солнечного ветра, может достигать и приповерхностной области Земли. Эти факторы дестабилизируют обстановку или иногда с возникновением катастроф продолжают действовать, захватывая атмосферное пространство, слои грунтовых массивов в литосфере, грунтовые воды и тела ледников. Физически это означает

проникновение в эти места дополнительной солнечной энергии. Если мощность её выходит за критические пороги, то для ледников вполне возможно достижение триггерного уровня таяния льда в самом селеопасном подошвенном его слое [Гонсировский, 2017]. При этом следует учитывать, что влияние космической погоды путём инъекций в nature может проявить себя только тогда, когда для этого уже созрел нестабильность земных природных условий.

Активность селей в Приэльбрусье в 2016–2019 годах

За 2016–2019 гг. в Приэльбрусье наблюдались селевые потоки, различные по генезису, мощности и разрушительной силе.

2017 год

14 августа по пойме р. Герхожан-Су произошел сход селевого потока. Последствиями схода селя стали полностью разрушенный пешеходный мост через реку Герхожан-Су, деформации русла. Расход селя достигал 700 м³/с, а объем селевых отложений в лотке и на конусе выноса в пойму реки Баксан составил порядка 300 тыс. м³. В результате повторных селей было частично перекрыто русло р. Баксан. 15 августа сель повторился, но мощность его была значительно меньше [Докукин и др., 2018].

1 сентября. В результате прорыва о. Башкара по долине р. Адыл-Су произошел сход селевого потока объемом около 800 тыс м³ и подъем уровня воды в реке Баксан. Селевыми потоками были снесены в реку 4 легковых автомобиля, в которых находились 5 человек, 3 человека погибло. Повреждены 8 участков дорожного полотна федеральной автодороги «Прохладный – Баксан – Эльбрус» общей протяжённостью более 3 км, отрезаны оказались пять населенных пунктов с населением более 5200 человек,

2018 год

5 июля прошел катастрофический паводок и незначительные селевые потоки на р. Баксан и на притоках р. Баксан (р. Азау, р. Донгуз-Орунбаксан, р. Адыл-Су, р. Курмычи) с разрушениями участков дороги «Прохладный-Азау», газопроводов, линий и опор ЛЭП, мостов, канализационных коллекторов, участков лесных массивов и пр.

2019 год

23–24 июля – сходы селей малой мощности с незначительными разрушениями дорог по притокам рек Баксан, Адыр-Су, Тютю-Су, по руслам рек Адыр-Су, Тютю-Су (в верхней и средней части), Герхожан-Су.

Для оценки влияния космической погоды на развитие селевого процесса в эти годы необходимо прежде всего оценить особенности погоды – важнейшего из земных условий фактора формирования селей. Все эти селевые потоки были вызваны ливнями в высокогорной и среднегорной зоне, или стали последствием длительной жары (14–15 августа 2017 года при отсутствии осадков).

Опорная метеостанция в горных районах Кабардино-Балкарии – ГМС «Терскол», однако для всей территории она недостаточно репрезентативна. На территории республики имеются существенные различия метеорологических показателей с этой метеостанцией. Вместе с тем, многолетние наблюдения можно использовать только по данным этой метеостанции. В таблице 1 приведены средние за месяц показатели суточной температуры воздуха и количества осадков за 2016, 2017, 2018 и 2019 годы.

В 2017 году прохождение селей было подготовлено аномальными погодными условиями в июле и августе. Так, в июле 12 дней средняя суточная температура воздуха была выше 15 град. 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°, а доходила она почти до 20°C, что обусловлено влиянием мощного антициклона на юге Европейской России. Осадков в августе практически не было. Вследствие тенденции повышения температуры воздуха в начале XXI века были созданы условия для повышения снеговой линии на ледниках и изменения условий абляции. К 11 августа снеговая линия проходила на высоте более 3800 м. Площадь снежного покрова была такой же, как и перед селями 1999, 2000 и 2011 гг. Все это подготовило моренно-ледниковый комплекс р. Герхожансу. 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. Данные условия можно сравнить с июлем 2000 года.

Таблица. Среднемесячные температуры воздуха ($T_{cp.}$, °C) и количество осадков (Q , мм) в 2016, 2017, 2018 и 2019 годах по отношению к среднему многолетнему значению

Table. Monthly average air temperatures ($T_{sr.}$ °C) and rainfall (Q_{mm}) in 2016, 2017, 2018 and 2019 relative to the long-term average

Месяцы	май		июнь		июль		август	
	$T_{cp.}$	Q , мм						
Ср. многол. значение	6,7	87	9,9	93	12,5	100	12,1	91
2016	7,6	111,1	10,5	54,8	12,5	169,5	13,8	115,3
2017	5,9	255,3	10,6	80,9	14,1	67,1	14,1	83,4
2018	8,6	46,3	11,7	44,8	14,2	146,1	12,2	96,9
2019	8,5	108,2	12,6	105,9	11,9	177,9	12,9	45,9

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, а его вероятность по данным многолетних наблюдений – менее чем раз в сто лет.

В результате анализа таблицы можно отметить существенные отличия средней температуры воздуха и количества осадков за последние четыре года и особенности 2019 года. Прогноз высокой температуры воздуха в начале лета в 2019 году и, соответственно, прогноз высокой опасности формирования селей, составленный сотрудниками Гидрометцентра, не оправдался. В июле средняя температура уже существенно ниже нормы, а количество осадков почти в два раза больше. Эта ситуация и определила высокую активность оползневых и селевых процессов в июле 2019 года. Причем наибольшее значение, как и в предыдущие годы, имел режим температуры воздуха и количества осадков в течение месяца. Так, осадки, с которыми связано наибольшее количество опасных геологических процессов, прошли в основном 22–25 июля, а также 12–13 июля [Мальнева и др., 2019].

Возникает вопрос: чем объясняется такой режим погоды в июле 2019 года? Ответ на этот вопрос дает анализ синоптической ситуации на Северном Кавказе и конкретно в Приэльбрусье по материалам Гидрометцентра Кабардино-Балкарской республики. Авторами произведен анализ за наиболее селеопасный месяц – июль. С начала июля на территории наблюдался циклонический характер погоды, частое прохождение фронтов. Вдоль гор часто отмечен фронт окклюзии, с которым связано формирование протяженной зоны облаков и осадков, который часто возникает за счет смыкания холодных и теплых воздушных масс. 23 и 24 июля отмечено, что погода у Земли будет определяться ложбиной с юга и влиянием холодного воздуха с северо-запада. Ожидался кратковременный дождь, местами с перерывами, в горах возможен град. Следует отметить, что катастрофический селевой поток, вызванный прорывом озера Башкара в 2017 году, обусловлен сходной синоптической ситуацией, хотя в 2017 году температура воздуха была значительно выше. Столкновение этих воздушных масс как видно всегда опасно для данной территории, оно часто приводит к опасной погодной ситуации и активизации оползневых и селевых процессов вместе с другими факторами.

Влияние космической погоды на развитие селевого процесса

Далее представлены результаты исследований влияния космической погоды на проявление селей в Приэльбрусье. Используются материалы, размещенные в сети Интернет, в основном на сайтах spaceweather.com, tesislebedev.ru. В первую очередь, это скорость солнечного ветра в околоземном пространстве и плотность протонов в нем. Установлено, что наиболее опасные метеорологические условия в Приэльбрусье для формирования селей сформировались в 2017 и 2019, как отмечено ранее, при определенной активности Солнца.

Отметим, 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.

Прежде всего, следует отметить, что период 2016–2019 гг., особенно 2019 год, – это период солнечного минимума 24-го 11-летнего цикла солнечной активности. Подсчет солнечных пятен говорит о том, что это один из самых глубоких минимумов прошлого века. Магнитное поле Солнца стало слабым, что позволяет космическим лучам проникать в солнечную систему (spaceweather.ru), [Ишков, 2017, 2020]

Главным фактором космической погоды стал солнечный ветер – поток плазмы, образующийся в результате непрерывного истечения верхних слоев солнечной атмосферы в окружающее космическое пространство. При изменении скорости и плотности этого потока меняется и давление, которое он оказывает на атмосферу Земли, – оно то усиливается, то ослабляется. Поле Земли при этом выходит из равновесия и испытывает колебания. Солнечный ветер становится основным фактором космической погоды (tesislebedev.ru). Эти процессы на Солнце оказывают влияние и на все земные процессы и их активность. На рисунке показано изменение скорости солнечного ветра за селеопасный период в наиболее селеопасные годы (рис.).

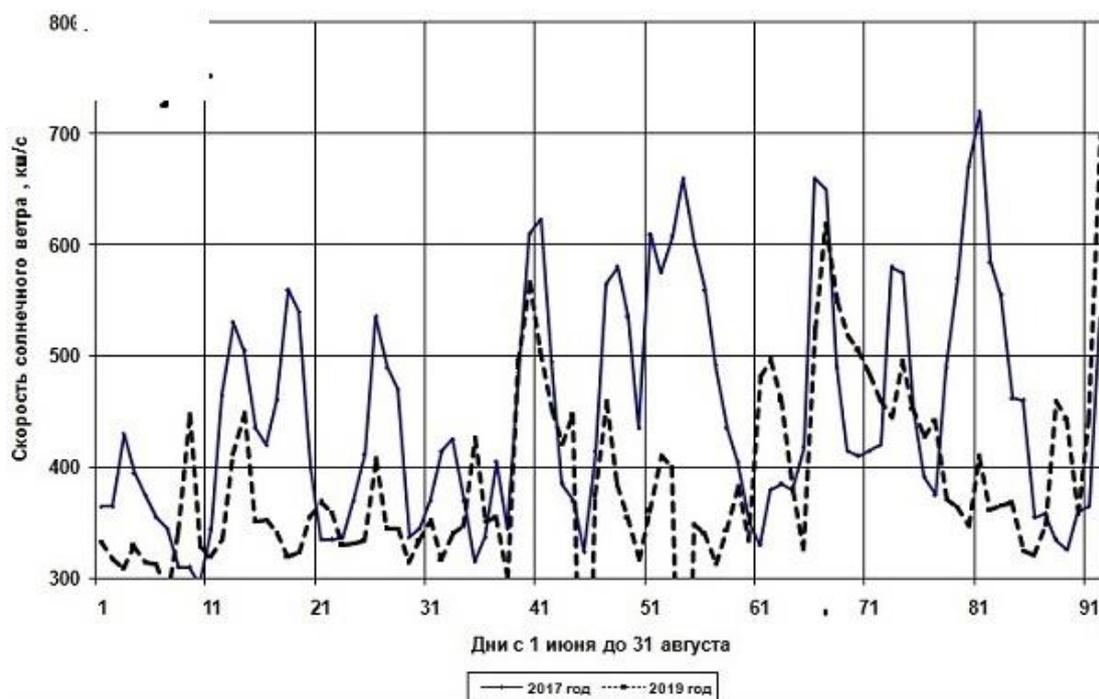


Рис. Изменение скорости солнечного ветра км/с за период с 01 июня по 31 августа в 2017 и 2019 гг. (дни)

Fig. Changes in the solar wind speed km / s for the period from June 01 to August 31 in 2017 and 2019 (days)

За указанные годы солнечная активность была наибольшей в 2017 году (пятна на Солнце, с которыми связаны вспышки, магнитные бури). Именно в этом году наблюдалось катастрофическое проявление селей в ущелье Адылсу связанное с прорывом озера Башкара, сели в ущелье р. Герхожансу, которые были гляциальными. Хотя солнечный минимум в 2017 году продолжал развиваться и в мае, и в июне или пятен на Солнце совсем нет, или они небольшие, в начале июля на Солнце появилось большое пятно размером больше Юпитера. Это самое большое пятно в 2017 году [<http://spaceweather.com>]. Через некоторое время пятна уже нет, но магнитосфера Земли остается возмущенной. К Земле движется поток солнечного ветра, часто на Солнце возникают корональные дыры. В августе, когда пошли сели по р. Герхожансу, пятна снова появились. Резкое высвобождение энергии привело к солнечным вспышкам, протонным событиям (СПС) – [tesislebedev.ru].

Регулярные наблюдения в августе 2017 года отражены в работе [Мальнева, 2019]. 12–13 августа скорость солнечного ветра составляла 540–600 км/с, а 19 августа доходила до 740. 14 августа поток высокоскоростного солнечного ветра из корональной дыры в атмосфере Солнца достиг поверхности Земли, а также отмечено наличие высоких и продолжительных отрицательных значений геоэффективного параметра B_z – южной компоненты межпланетного магнитного поля [Гонсировский, 2017]. Солнечный ветер из коронального отверстия достигает Земли примерно 13, высокая скорость и плотность протонов, кинетическая энергия тяжелых протонов переходит в тепловую энергию, которая оказывает влияние на леднике Каяартыбаши, вандровом поле, в погребённых льдах. Соответственно высвобождается большое количество влаги, а гравийная масса там имеется в огромном количестве, и готова для транзита по руслу.

Далее в течение всего августа отмечались высокие значения скорости солнечного ветра и, особенно, – плотности протонов. 30–31 августа скорость ветра доходила до 630, а плотность протонов в ночь с 31 августа на 1 сентября – от 21,7 до 52,6 на 1 см^3 [<http://spaceweather.com>, <https://www.swpc.noaa.gov/products/real-time-solar-wind>]. По предварительным оценкам, уровень воды в озере упал примерно на 15–17 м, а объем прорывного паводка составил 600–700 тыс. м³. Пиковый расход прорыва, судя по следам, оставленным на леднике Башкара, мог составить около 600 м³/с. Прорывной паводок трансформировался в селевой поток на фронтальном уступе морены, отложенной в XIX веке отступающим ледником [Черноморец и др., 2018].

В 2018 году активность Солнца была очень низкой. Пятен на Солнце в начале лета почти не было, практически не было вспышек, наблюдались отдельные корональные дыры и небольшие магнитные бури. Так, на сайте spaceweather.ru отмечена возможность возникновения магнитных бурь 2–3 июля. Эти процессы и способствовали формированию погоды в регионе и наводнению в долине р. Баксан в ночь с 4 на 5 июля. Очень сильная жара в конце июня и отсутствие осадков практически в течение всего июня сменились обильным ливнем 44,8 мм в ночь на 5 июля.

В 2019 году активность Солнца была также очень низкой. За летний период не было ни одной вспышки выше минимального уровня, способного воздействовать на Землю., но отдельные всплески плотности протонов обеспечили метеорологические условия, при которых за один день прошли сели по многим водотокам. Их проявление обусловлено дополнительным поступлением космических лучей, поступлению энергии, способствующим увеличению активности метеорологических факторов, изменению погоды. Как отмечено выше, характер погоды летом 2017 и 2019 годов значительно отличается.

В июле 2019 года возмущения космической погоды начались 11 июля, резко увеличилась скорость солнечного ветра (почти до 600 км/с), 12 июля – прошли аномальные осадки по данным ГМС «Терскол» (48,8 мм), за этим последовало увеличение активности опасных процессов. Но массовая активизация оползней и селей в июле 2019 года произошла позднее. По материалам сайта <http://spaceweather.com/> отмечено, что 18 июля – один из худших дней в космической эре. Пятен на Солнце не было уже 55 дней, практически не было вспышек. Наблюдается глубокий солнечный минимум [Ишков, 2020]. Во время этой фазы солнечного цикла солнечные пятна и

солнечные вспышки редки, но мы получаем множество дополнительных космических лучей. Ожидается, что солнечные минимальные условия будут оставаться непрерывными в течение оставшейся части 2019 года и существенно могут измениться, примерно, в 2023 году.

24 июля Земли достиг поток солнечного ветра из небольшой корональной дыры. В ночь на 22 июля произошло протонное событие. Плотность протонов резко подскочила до 75 и выше от 10 ед./см³. Затем она уменьшилась до 50, а утром уже до 22 ед./см³. Все это дало дополнительный приток энергии, который вместе со всеми природными факторами, способствовал активизации опасных геологических процессов.

Таким образом, проявление селей в Приэльбрусье в июле 2019 года являлось результатом взаимодействия большого количества факторов [Мальнева, Черкесов, 2020]. Наиболее значительными из них были следующие:

1. Влияние космической погоды, характерное для глубокого солнечного минимума.

2. Небольшое количество снега в весенние месяцы. Высокая температура воздуха в мае – июне и, по контрасту с ней, низкая в июле по отношению к среднему многолетнему значению

3. Неустойчивый характер погоды, частый выход циклонов. Значительное влияние синоптической ситуации, при которой происходит столкновение холодных и теплых воздушных масс.

Заключение

Хотя вопрос еще мало разработан, но имеющиеся фактические данные позволяют очень серьезно относиться к возможности использования характеристик космической погоды для составления и уточнения оперативных прогнозов селей и других опасных природных процессов. Фактические данные по солнечному ветру, помещенные в сети Интернет в открытом доступе на сайтах <http://spaceweather.com/>, tesis.lebedev.ru, помогают оценить активность Солнца в конкретный момент. Следует учитывать, что в период глубокого солнечного минимума активные процессы на Солнце (солнечные пятна, вспышки, обусловленные ими), проявляются мало. Большое значение имеют космические лучи, активность которых может быть отмечена по значениям плотности протонов солнечного ветра.

На основании проведенных исследований можно отметить, 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. Активные процессы на Солнце выступают как регулятор или катализатор земных процессов.

При составлении оперативных прогнозов селей необходимо давать оценку метеорологических условий во взаимодействии с инженерно-геологическими условиями, оценку синоптической ситуации и оценку изменения космической погоды. Для этого в опасный период целесообразно ежедневно пользоваться материалами указанных сайтов или других, отражающих изменения в активности Солнца.

Результаты наблюдений позволяют уточнять оперативные прогнозы селей от нескольких дней до недели, что необходимо для рационального ведения мониторинга

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 24 солнечном цикле и его особенности развития в 2017 г. // Тринадцатая конференция «Физика плазмы в солнечной системе»: Сб. тез. докл. (12–16 фев. 2017 г., Москва, ИКИ РАН). С. 297).
- Ишков В.Н. Солнечная активность в фазе минимума текущего цикла; определение момента минимума // Пятнадцатая конференция «Физика плазмы в солнечной системе»: Сб. тез. докл. (12–14 фев. 2020 г., Москва, ИКИ РАН). С. 12.
- 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., Докукин М.Д., Анаев М.А., Хаджиев М.М. Особенности погоды летом 2019 года на Северном Кавказе и проявления опасных геологических процессов. // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. М.: Геомаркетинг, 2019, с. 189-197.
- 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»: Сб. тез. докл. (12–14 фев. 2020 г., Москва, ИКИ РАН). С. 234).
- Плазменная гелиогеофизика / Под ред. Л.М. Зелёного, И.С. Веселовского. М.: Физматлит, 2008. Т. 1. 672 с.
- 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.
- Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. Москва, Недра, 1980, 296 с.
- <https://www.swpc.noaa.gov/products/real-time-solar-wind>. National Oceanic and Atmospheric Administration. Space Weather Prediction Center. U.S. Government Space Weather Bureau (2016, 2017, 2018, 2019). (дата обращения: 20.03.2020).
- <http://spaceweather.com/>. News and information about the Sun-Earth environment. (2016, 2017, 2018, 2019). URL <http://spaceweather.com/>. (дата обращения: 20.03.2020). (in Russian).
- thesis.lebedev.ru. Лаборатория рентгеновской астрономии Солнца. ФИАН (2016, 2017, 2018, 2019). URL. thesis.lebedev.ru. (дата обращения 20.03.2020).