
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР

УДК 551. 583

ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПАСНЫМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

И.В. Мальнева¹

Рассматриваются природные катастрофы, связанные с проявлением опасных геологических процессов – оползней, селей и др., а также современные проблемы их прогнозирования. На примере нескольких наиболее значительных катастроф анализируются причины их возникновения.

Показано, что для выявления основной тенденции развития катастрофических геологических процессов целесообразно использовать изучение особенностей глобальной атмосферной циркуляции, которая является одной из причин изменения климата и их значительной активизации. Для повышения точности оперативной оценки опасности названных процессов целесообразно подвергать анализу все поддающиеся измерению обуславливающие их факторы, включая зависящие от степени активности процессов на Солнце. Составление прогнозов позволит своевременно принимать меры по предупреждению негативных последствий в наиболее проблемных регионах.

Ключевые слова: сели, оползни, атмосферная циркуляция, элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), солнечный ветер, природные катастрофы.

NATURAL CATASTROPHES, CONNECTED WITH HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES, AND THEIR PREDICTION

I.V. Malneva, PhD

All-Russian Research Institute for Hydrogeology & Engineering Geology, Moscow Region

The catastrophic natural processes connected with manifestations of the hazardous geological processes – landslides, mudflows, etc. are considered. It should be mentioned the terrible flood and the related strongest activization of landslides and mudflows under joint influence of natural and technogenic factors in the North Caucasus in July, 2012

¹ Мальнева Ирина Васильевна – к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), malnir@mail.ru.

(Krymsk); the floods and mudflows in the Caucasus, Altai and the Far East in the spring and summer of 2014.

In the given paper the current problems of prediction of hazardous geological processes are discussed. Earlier, for identification of the main tendency in development of the processes and factors, that cause them, there were taken into consideration the cyclic nature and availability of significant links with the solar activity. At the present time the manifestation of these cycles was disturbed. Reliable predictions of change in the solar activity do not exist presently.

For identification of the main tendency in development of the hazardous geological processes, the features of the global atmospheric circulation which are one of the reasons of the climate change and considerable activization of the above-mentioned processes.

To increase the accuracy of risk assessment rapid landslides, landslips and other geological hazards, it is advisable to analyze the values of all relevant factors, which can be measured, as well as some of those that depend on the activity of the sun. As of the-first, is the speed of the solar wind plasma in the near-Earth space and the density of protons in it. solar wind speed at the time of the formation of glacial debris flow was abnormally high (during a catastrophic display mudflow in 2000 Gerkhohzansu Tyrnyauza river in the city in July 2000, it reached 800–1000 km/s, with an average speed of about 300 km/s).

Keywords: debris flows, landslides, atmospheric circulation, Elementary circulation mechanism (ECM), the solar wind, natural catastrophes.

Введение. В последнее десятилетие неуклонно растёт количество катастрофических событий как в мире в целом, так и в отдельных странах. Многие природные катастрофы связаны с проявлением опасных геологических процессов – оползней, селей и др. Изменилась активность экзогенных процессов, наиболее чувствительных к погодным условиям. Следует отметить страшное наводнение и активизацию оползней и селей при совместном влиянии природных и техногенных факторов на Северном Кавказе в июле 2012 г. (г. Крымск). Весной 2014 г. обильные осадки вызвали наводнения и сход селей на Кавказе, Алтае и Дальнем Востоке. Последствия этих катастроф (в т. ч. материальный ущерб) велики. Проявления некоторых опасных процессов показаны на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Деформация гаражей селевыми и оползневыми отложениями после тайфуна «Руса», 2002 год, Ю. Сахалин. Фото Ю.В. Генсиоровского (из отчета ВСЕГИНГЕО, 2006 г.).



Рис. 2. Последствия мощного селевого потока в районе бурятского поселка Аршан в июне 2014 г. [2].

Общей причиной катастрофических природных процессов являются энергетические преобразования, происходящие в земной коре, её поверхности и прилегающих слоях атмосферы. В последние десятилетия существенное влияние на развитие природных катастроф оказывают глобальные климатические изменения на Земле. Вторым глобальным процессом, обуславливающим рост таких катастроф, следует считать техногенез, связанный с ростом индустриализации, увеличением потребления природных ресурсов [12].

В настоящее время прогнозирование природных катастроф стало чрезвычайно важной задачей. Проявление опасных природных процессов – результат действия сложной многокомпонентной системы. Для прогнозирования большое значение имеют сведения о геологических и метеорологических (или климатических – в зависимости от заблаговременности прогноза) условиях.

Содержание исследований. Начало XXI века отмечено катастрофическими гляциальными селями, прошедшими по реке Герхожан-су в Кабардино-Балкарии 18–25 июля 2000 г. (бассейн р. Баксан). В зоне поражения оказалось две трети г. Тырныауза, получили разрушения многочисленные здания и сооружения, имелись человеческие жертвы (рис. 3).

Главной причиной катастрофы стала погода, определяющая режим и степень увлажнения территории, а также изменчивость температуры воздуха. Для количественной оценки особенностей погоды при характеристике активности селей и оползней используется типизация атмосферных процессов северного полушария Б.Л. Дзержеевского и др., по которой всё разнообразие циркуляционных процессов выражается 41 элементарным циркуляционным механизмом (ЭЦМ). Календарь последовательной смены ЭЦМ много лет составлялся в лаборатории климатологии РАН [4]. В основу использованной типизации положено направление и количество блокирующих процессов и выходов южных циклонов на всё Северном полушарии. В то же время наличие динамических схем положения и перемещения



Рис. 3. Катастрофический селевой поток на р. Герхожан-су, 2000 г. Кадр из видео МЧС по Кабардино-Балкарской Республике.

барических образований при каждом ЭЦМ позволяет определить синоптическую ситуацию и характер погоды в любой точке полушария. Выделено 13 типов циркуляции (обозначаются арабскими числами от 1 до 13), варианты каждого типа обозначены первыми буквами алфавита (а, б, в, г). Выделены летние (л) и зимние (з) разновидности ЭЦМ, обусловленные сезонными различиями состояния подстилающей поверхности. По числу блокирующих процессов на Северном полушарии и выходов южных циклонов они объединены в 4 группы: 1) зональная циркуляция (1–2 типы); 2) нарушение зональной циркуляции (3–7 типы); 3) меридиональная северная (8–12 типы); 4) меридиональная южная (13 тип). Продолжительность действия единичного макропроцесса в среднем равна 3,5 суткам при колебаниях от 1 до 11 суток. В современный период ЭЦМ стали чаще сменять друг друга [4]. С частой сменой ЭЦМ связаны резкие колебания погоды, что способствует активизации опасных природных процессов.

Имеется ряд циркуляционных характеристик с 1899 по текущий год, что даёт возможность определить условия возникновения любого опасного процесса в конкретный период и выявить ситуацию, при которой возникновение процесса наиболее вероятно.

Многолетние исследования особенностей развития и активизации некоторых экзогенных процессов (оползней, селей и др.) в различных районах России и ближнего зарубежья позволили выделить в качестве наиболее опасных процессов ЭЦМ 13л и 12а, при которых осуществляется выход южных циклонов. При ЭЦМ 13л, обуславливающим опасные явления на большой территории, отмечается 4 выхода южных циклонов в Северном полушарии, из них три – на территории России. За короткое время прохождения циклона (1–2 дня) выпадают большие суммы осадков, имеющие обеспеченность менее 1%, часто в виде интенсивных ливней. Это приводит к активизации оползневых, селевых, эрозионных и др. процессов. Как правило, с ЭЦМ 13л связано повышение температуры воздуха.

В отличие от ЭЦМ 13л – макропроцесса летнего периода – ЭЦМ 12а развивается в основном в переходные сезоны. При нём наблюдается большая неустойчивость атмос-

феры, повышенная турбулентность и обострение атмосферных фронтов. В ходе своеобразной «борьбы» северных и южных воздушных масс в течение нескольких дней может происходить частая смена погоды, что в значительной степени способствует формированию селей и возникновению лавин [9].

Для бассейна р. Герхожан-су наиболее опасны ЭЦМ 13л, 12а, а также 4б, 4в, 8а, 8гл, 10б. Особенно опасен ЭЦМ 13л, который приносит на Северный Кавказ интенсивные ливни, чередующиеся с жаркой погодой. В июле 2000 г., месяце проявления катастрофических селей, погода в бассейне р. Баксан также определялась им [9].

Катастрофическим проявлением опасных природных процессов по всей территории России (на Северном Кавказе, о. Сахалин) отличался 2002 г. Сильные дожди выпали по всей территории Северного Кавказа за период 29 мая–8 июня и после 17 июня. Пострадала территория от Краснодарского края до Дагестана, дожди вызвали паводки и селевые потоки [3]. Следующий опасный период наступил в начале августа, когда в результате селей и массовой активизации оползней поверхностных отложений пострадало Черноморское побережье и прилегающие горные территории.

В сентябре произошли обвал ледника Колка и большие разрушения на юге о. Сахалин (во время тайфуна «Руса»). Характер погоды в периоды катастроф был обусловлен соответствующим состоянием атмосферной циркуляции, значительной продолжительностью и частой повторяемостью ЭЦМ 12а, 13л и др. Типовые схемы наиболее опасных ЭЦМ помещены на рис. 4 и 5.

3 июня 2007 г. оползнем и селом была разрушена Долина гейзеров на Камчатке. Среди причин катастрофы называются раннее таяние ледников. Катастрофическая ситуация в значительной степени обусловлена циркуляционными факторами и характерными для них особенностями погоды. 19 дней в мае наблюдались летние типы 8бл, 9а, 13л, что объясняет высокий температурный фон. Именно с этими ЭЦМ связано одно из ключевых событий, предшествовавшее катастрофе. 28 мая (ЭЦМ 9а) на Камчатку вышел, 29–30 мая (ЭЦМ 13л) бушевал и 31 мая (ЭЦМ 8бл) её покинул бывший тайфун из южных широт, что вызвало резкое повышение температуры и обильные осадки, ускорившие таяние ледников.

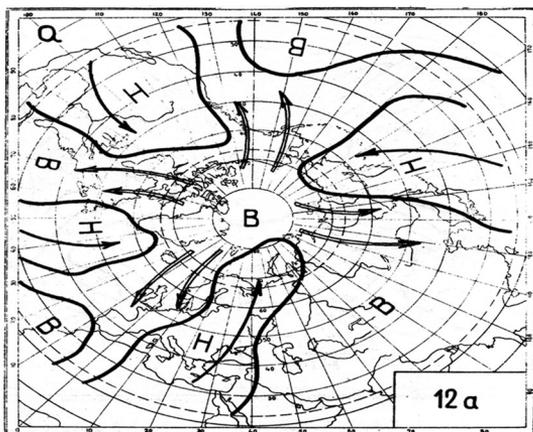


Рис. 4. Типовая схема ЭЦМ 12а [4].

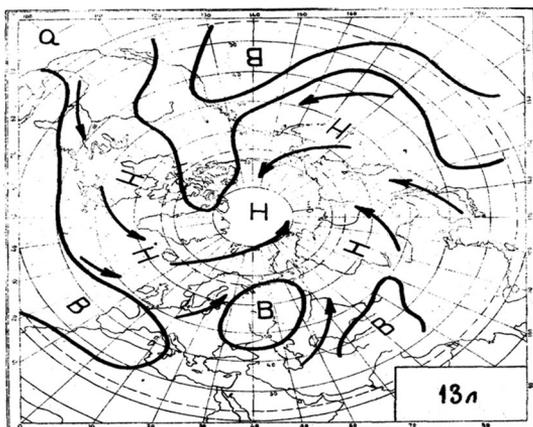


Рис. 5. Типовая схема ЭЦМ 13л [4].

С ЭЦМ 13л связаны также катастрофические селевые потоки в Прибайкалье в 2014 г. [2], Казахстане и Таджикистане в 2015 г. [6].

Техногенное воздействие усиливает негативное влияние погодных условий на активность оползней и селей. Это отмечено на примере Большого Сочи, где в начале XXI века в период олимпийского строительства резко возросли техногенные нагрузки [7]. Основными видами воздействий были несанкционированное складирование отвалов грунта на склонах, подрезка склонов при строительстве объектов олимпийской инфраструктуры, неконтролируемое перераспределение поверхностного и подземного стока, пригрузка головных частей существующих оползней. В условиях низкой естественной устойчивости территории всё это привело к активному развитию как собственно техногенных проявлений, так и парагенезов техногенных и ассоциированных с ними природных проявлений. Особенно это относится к селям и связанным с ними эрозионным процессам. Активность техногенно обусловленных процессов как минимум на порядок превышает активность аналогичных процессов в естественном состоянии [7].

Значительные бедствия принесла активизация оползней в начале апреля 2016 г. в Ульяновске. Оползень едва не стал причиной стихийного бедствия – в зоне разрушения могли оказаться жилые дома, в районе пришлось объявить режим ЧС. Профессор Казанского федерального университета В. Латыпова называет тот оползень «классическим примером техногенной катастрофы» [8]. Причиной активизации считается резкое потепление, во время которого очень быстро растаял снег и склон пополз. Дренажная система много лет требовала ремонта, всю зиму на косогоре вбивали сваи, гору расчистили от деревьев для катания лыжников. Кроме того, недалеко от места происшествия (в 500–600 м) шло строительство 24-х этажного дома.

Примеры природных катастроф, связанных с рассмотренными факторами, показывают необходимость прогнозирования этих событий. В семидесятые годы XX века во ВСЕГИНГЕО были разработаны теоретические основы и методы долгосрочных региональных прогнозов. Впервые в мировой практике (на примере Черноморского побережья от р. Дунай до г. Батуми) составлены карты прогноза оползней, селей, абразии и эрозии до 2000 г. [15]. Оправдываемость прогнозов оказалась достаточно высокой. В результате дальнейших исследований отмечено, что реализация задач по прогнозированию опасных геологических процессов возможна только в ходе мониторинга их активности под воздействием природных и техногенных факторов [11].

В соответствии с основными положениями мониторинга прогнозирования должно осуществляться на различных масштабных уровнях, каждый из которых является следствием предыдущего: 1) фоновые прогнозы заблаговременностью 10–15 лет; 2) прогнозы заблаговременностью 1 год или процессоопасный сезон; 3) краткосрочные прогнозы. На каждом уровне состав, качество и конечные результаты работ по оперативной оценке опасности процессов отличаются [11]. На первом уровне, федеральном, составляются фоновые прогнозы опасных природных процессов, которые необходимо учитывать при перспективном планировании обеспечения устойчивого развития территорий активного хозяйственного освоения. Эти прогнозы имеют общий характер, дают вероятностную оценку только процессоопасной ситуации.

Всё многообразие факторов, обуславливающих развитие опасных экзогенных процессов, может быть объединено в три большие группы: а) постоянные, которые на срок прогноза можно считать неизменными (геологические и геоморфологические

условия); б) медленно изменяющиеся (климатические условия) и в) быстроизменяющиеся (метеорологические и гидрогеологические условия) [11, 15].

Для каждого вида процессов характерен определённый набор факторов, которые различаются по степени их временной изменчивости. Однако для любого из опасных экзогенных процессов в качестве важнейшего фактора выступает горная порода. Наиболее изучены факторы, влияющие на развитие оползневых, селевых, эрозионных и абразионных процессов. Учитывая недостаточное количество информации об их проявлении, во многих районах большое значение придают основным изменяющимся факторам, обуславливающим названные процессы, и причинно-следственным связям между процессами и факторами.

Выявление основных изменяющихся факторов производится на основании анализа информации о проявлении процесса, сопоставлении всех известных случаев его возникновения с различными метеорологическими и гидрологическими показателями (количеством осадков, температурой воздуха и т. д.); составляются временные ряды. При этом быстроизменяющиеся факторы рассматриваются во взаимодействии с постоянными и медленно изменяющимися.

Исследования по прогнозированию опасных экзогенных процессов проводились в различных регионах России. Одновременно наблюдались погодные аномалии, с которыми были связаны катастрофические случаи проявления оползней, селей и других процессов. В июне и августе 2002 г. в результате экстремального количества осадков активизация оползней и селей произошла практически во всех районах Северного Кавказа. Её предсказали сотрудники ВСЕГИНГЕО при выполнении работы по заказу МЧС России в 1994 г., когда был составлен фоновый прогноз для территории Северного Кавказа как наиболее опасного региона на период до 2005 г.

В связи с экономическими трудностями наблюдения за режимом опасных экзогенных процессов после 1991 г. прекратились. Вместе с тем, в последние десятилетия ущерб от природных катастроф стремительно растёт. Поэтому в настоящее время большое значение придаётся проблеме гражданской защиты, безопасности населения и народно-хозяйственных объектов.

В соответствии с известными методиками [11, 15], для выявления основных тенденций развития процессов и быстроизменяющихся факторов ранее учитывался циклический характер их развития и наличие существенных связей с солнечной активностью. Считалось, что многолетние данные по солнечной активности (выраженной в числах Вольфа), наблюдаемой с 1749 г., позволяют экстраполировать её изменения, а, следовательно, и тенденцию связанных с ней природных явлений (в т. ч. опасных экзогенных процессов), на много лет вперёд. Важным фактором при составлении прогнозов было наличие в изменении солнечной активности чётко выраженных 11-летних циклов, к той или иной части которых были приурочены, как правило, проявления экзогенных процессов в различных регионах СССР. Однако в настоящее время проявление этих циклов нарушилось. Количество пятен на Солнце в нынешнем 24-ом солнечном цикле очень мало, их почти нет. Ряд исследователей обращает внимание на то, что последний одиннадцатилетний цикл совпадает с началом нового столетнего цикла солнечной активности. По ряду косвенных показателей учёные пришли к выводу, что новый столетний цикл будет периодом минимальной за многие столетия или даже тысячелетия солнечной активности. Солнечная активность может достигнуть минимума к середине XXI века, и это будет иметь весьма серьёзные последствия для климата Земли. Однако достоверных прогнозов её изменения пока не имеется [16].

Для выявления основной тенденции развития опасных геологических процессов необходимо учитывать особенности глобальной атмосферной циркуляции (гидрометеорологические экстремумы), являющиеся одной из причин изменения климата и, соответственно, значительной активизации указанных процессов [10].

Работы по прогнозированию опасных геологических процессов выполнялись совместно сектором ЭГП ВСЕГИНГЕО и лабораторией климатологии Института географии РАН. Совместные исследования по изучению условий формирования и прогнозированию опасных геологических процессов ведутся с 1976 г. И.В. Мальневой и Н.К. Кононовой. Все известные случаи проявления оползней, селей, абразии за период более 100 лет сопоставлены с наблюдавшимися в это время ЭЦМ. Создана база данных для отдельных регионов, включающая сведения о конкретных случаях проявления наиболее опасных процессов (в частности, селей) и ЭЦМ, наблюдавшихся в день проявления процесса и в период, когда шла подготовка к его активизации. При этом выявлен ряд наиболее опасных ЭЦМ – в частности, ЭЦМ 13л, с которым связаны сильные, часто катастрофические проявления оползней и селей во многих регионах, в т. ч. на Северном Кавказе.

Механизм влияния циркуляции атмосферы на развитие опасных процессов заключается в том, что типу погоды при конкретном элементарном циркуляционном механизме соответствуют определённые степень увлажнения территории и температурный режим. При этом для каждого из экзогенных геологических процессов характерен определённый тип погоды, способствующий росту его активности [9].

Следует отметить, что в начале XXI века существенно изменился характер циркуляции атмосферы в основном за счёт дальнейшего увеличения продолжительности меридиональной северной циркуляции (по типизации Б.Л. Дзердзеевского) [4, 5], что имеет большое значение для оценки активности опасных природных процессов. В настоящее время сохраняется также повышенная интенсивность меридиональной южной циркуляции. В результате увеличивается суммарная годовая продолжительность южных циклонов, приносящих тепло и осадки в районы интенсивного развития оползней, селей и других процессов. Увеличилась и повторяемость одновременных экстремальных осадков и наводнений в разных далеко расположенных друг от друга регионах. Соответственно, изменилась и активность экзогенных процессов, наиболее чувствительных к изменению погодных условий, прежде всего, оползней и селей.

На рис. 6 показан многолетний ход наиболее важных типов циркуляции в конце XX–начале XXI века и статистический прогноз их изменения [5]. В современный период (1998–2014 гг.), в отличие от конца XX века, среди наиболее продолжительных ЭЦМ снова преобладают ЭЦМ с блокирующими процессами (12 тип). В начале XXI века стал очень опасен ЭЦМ 12а – самый турбулентный макропроцесс на Северном полушарии. С ним связаны обильные осадки, наводнения, сели и оползни на Кавказе, в Сибири и на Дальнем Востоке. Погодные условия при ЭЦМ 12а и 13л, многолетний режим которых показан на рис. 6, обеспечивают оптимальный режим для активизации оползневых процессов, особенно при условии преобладания неустойчивых глинистых пород. Всё это необходимо учитывать в настоящее время при долгосрочном прогнозировании опасных природных процессов.

Прогнозы опасных экзогенных процессов, составленные на основании анализа изменения солнечной активности и циркуляции атмосферы, показывают только тенденцию. Но при этом указываются периоды, в течение которых наиболее вероятны природные катастрофы.

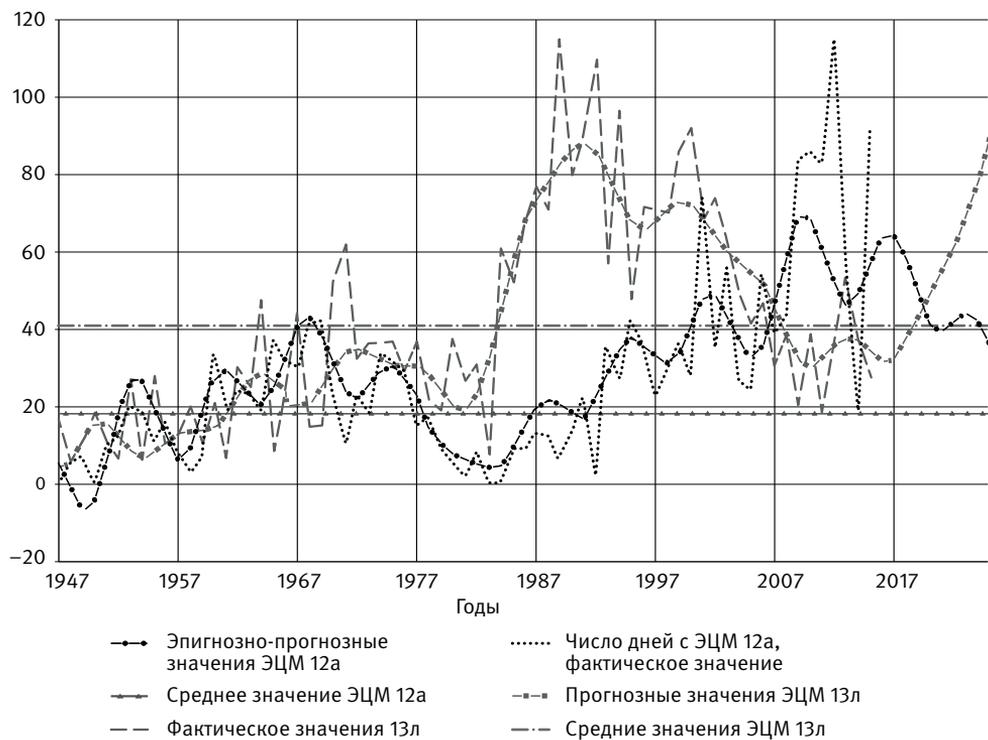


Рис. 6. Многолетний ход числа дней с ЭЦМ 13л и 12а и прогноз их изменения.

Методика составления прогнозов заблаговременностью 1 год и процессоопасного сезона в принципе мало отличается от методики составления долгосрочных прогнозов, хотя по ряду положений имеет свои особенности. Сезонные параметры необходимы для выявления процессоопасных сезонов, годовые – для выявления закономерностей многолетнего режима экзогенных процессов и их экстраполяции на заданный срок (1 год). Намного хуже обстоит дело с краткосрочными прогнозами (в течение года), особенно оперативными (от нескольких суток до нескольких часов) [10, 11].

Большое значение имеют прогнозы на локальном уровне. Для получения необходимых данных требуется очень большой комплекс наблюдений, преимущественно инструментальных, а технология и методика этих наблюдений мало разработана. Надо отметить, что составление этих прогнозов возможно только при межведомственном информационном взаимодействии (МЧС, Росгидромет, Роснедра), особенно в период аномальных погодных явлений. На этом уровне большое значение имеет техническое оснащение, использование современных приборов при ведении мониторинга.

Для повышения точности оперативной оценки опасности селей, оползней и других опасных геологических процессов, целесообразно подвергать анализу все поддающиеся измерению показатели природных явлений и факторов, обуславливающих развитие опасного процесса на конкретной территории – гидрометеорологические, сейсмические, инженерно-геологические, а также некоторые, зависящие от эпизодических проявлений активности процессов на Солнце, показатели параметров солнечно-земных связей. В первую очередь, скорость плазмы солнечного ветра в околоземном пространстве и плотность протонов в ней, а также наличие высоких и продолжитель-

ных отрицательных значений геоэффективного параметра B_z – южной компоненты межпланетного магнитного поля [1].

На характеристику космической погоды мы обратили внимание при ежегодных исследованиях условий формирования селей в Приэльбрусье с 2001 до 2016 г. (после катастрофического селя 2000 г.). Опасность формирования гляциального селя в долине р. Адылсу, возможного в июле 2008 г. вследствие прорыва высокогорного озера Башкара, прогнозировалась многими специалистами МГУ, ВГИ и других организаций.

Исследование причин сложившейся опасной ситуации привело к предположению о влиянии характеристик космической погоды на развитие и формирование опасных геологических процессов [10]. При этом важное внимание должно уделяться анализу показателей, связанных с различными эпизодическими проявлениями активности Солнца. В вероятностном плане эти показатели могли оказать вспомогательное триггерное, а иногда и решающее влияние на развитие опасных процессов за счёт энергии плазмы инъекций солнечного ветра в приповерхностную область Земли.

Этот вопрос мало разработан, но имеющиеся фактические данные позволяют очень серьёзно относиться к возможности использования характеристик космической погоды для уточнения оперативных прогнозов опасных геологических процессов.

При исследованиях в период формирования и прохождения селей в первую очередь использованы временные ряды количественных значений плотности и скорости плазмы и энергии солнечного ветра, полученные измерительными приборами ближе к Земле, начиная с орбит космических аппаратов SOHO, ACE, NOAA POES. Фактические солнечноветровые данные помещены в сети Интернет в открытом доступе. Сведения по значениям параметров солнечного ветра берутся из сводок соответствующих данных космических аппаратов, представляемых Space Weather Prediction Center [17].

Предположения о влиянии космической погоды на развитие опасных экзогенных процессов, в т. ч. природных катастроф, потребовали изучения специальных публикаций по данному вопросу [13, 14]. Следует отметить, что влияние космической погоды может проявиться только тогда, когда к этому готовы земные природные условия, в значительной степени определяющие активность опасных природных процессов. На основании имеющихся данных, нами установлено, что скорость солнечного ветра в годы формирования гляциальных селей была аномально высокой. В таблице помещены данные основных показателей солнечного ветра в периоды формирования и подготовки крупных катастроф, связанных с опасными геологическими процессами. Основные параметры плазмы геоэффективного солнечного ветра вблизи орбиты Земли имеют следующие характерные значения: скорость 300–800 км/с и более; концентрация протонов чаще всего 0,1–10 см³. Наибольшие амплитуды всплесков значений скорости солнечного ветра, доходящие до 1800 км/с и более, наблюдаются тогда, когда он истекает из корональных дыр – открытых магнитных конфигураций с расходимостью магнитных силовых линий, или происходит вследствие вспышек солнечных волокон (так называемых вспышек Хайдера), а также выбросов масс из солнечной короны (СМЕ) [13, 14]. При этом годовые значения солнечной активности, выраженной в числах Вольфа, могут оставаться очень низкими.

Геомагнитосфера не обеспечивает 100-процентную защиту от ударных волн – выбрасываемых Солнцем в сторону Земли высокоскоростных сгустков солнечноветровой плазмы, состоящей преимущественно из протонов и электронов. В пределах пространства всего земного шара то здесь, то там происходят прорывающие магнит-

Таблица. Показатели солнечного ветра при наиболее значительных проявлениях природных процессов

Катастрофические проявления природных процессов, дата проявления процесса	Показатели скорости солнечного ветра, км/с	Показатели плотности протонов, кол-во в см ³
Селевой поток на р. Герхожан-су, 18–25 июля 2000 г.	13–17 июля: 600–1000	13 июля: 14–22
Катастрофические наводнения, сели, оползни на Северном Кавказе, лето 2002 г.	Июнь: более 500, 19–31 июля: 700–843	Июнь: 11–19
Обвал ледника Колка, 20 сентября 2002 г.	18–19 сентября: более 700	
Разрушение Долины гейзеров на Камчатке, 3 июня 2007 г.	24–28 мая: более 700	2 июня: более 20
Сели на Северном Кавказе, 3 августа 2011 г.	Июль: 550–700, 1 августа: 550–680	
Катастрофа в Крымске, 6–7 июля 2012 г.	С 01 июля: более 650. Образовался вихрь в атмосфере, маленькие завихрения воздушных масс	
Сель в Алма-Ата, 23 июля 2015 г.		22 июля: увеличение с 12 до 22
Оползни в Чечне, июнь 2016 г.	600 и более	Увеличение плотности протонов, предшествующее увеличению скорости солн. ветра с 11 до 30
Оползни в Ульяновске, апрель 2016 г.		Увеличение плотности протонов сериями от 11 до 23

ное поле Земли инъекции ступков компонент солнечного ветра. К сожалению, места попадания этих инъекций на Землю предсказать невозможно. Для изучения проблемы целесообразно обратить внимание на земные атмосферные синоптические барические депрессионные элементарные детали, как следствие прорывных инъекций в приповерхностную область Земли ступков отсоединившихся в геомагнитосферу компонент геоэффективного солнечного ветра. Указанная выше депрессионность, оформившаяся в виде циклоноидов, чётко отражается на картах абсолютной барической топографии АТ-500 hPa. В метеорологии это отражение высотной (плюс-минус 5,5 км над земной поверхностью) ситуации. Далее информацию дополняют обычные приземные карты изобар. Для анализа этой метеосиноптической ситуации рекомендуется использовать карты Северного полушария Земли, которые ежедневно обновляются в открытом доступе в Интернете по материалам GFS (Global Forecast System) [18]. Эта ситуация проявилась при известной катастрофе природных процессов 4–7 июля 2012 г. в Крымске. Здесь наблюдалось 3–5-дневное проявление локальных круговых депрессий в высотной изобарической поверхности глубиной до 120–150 м и приземное закручивание находящихся под ними атмосферных вихрей против часовой стрелки, наподобие тропических циклонов (тоже с депрессиями от самого начала и до конца их жизни) [1].

Исследования влияния космической погоды на формирование катастрофических селевых потоков на Кавказе были продолжены при анализе возникновения других природных катастроф (см. таблицу). Безусловно, высказанные предположения требуют серьезного изучения специалистами различных направлений во взаимодействии друг с другом.

Заключение. Предотвратить катастрофические события невозможно, но при систематическом ведении мониторинга опасных экзогенных геологических процессов, составлении прогнозов их активизации можно свести к минимуму негативные последствия для наиболее проблемных в этом отношении регионов и вовремя принять соответствующие меры.

Оценить тенденции развития опасных геологических процессов возможно на основании изучения изменения циркуляции атмосферы северного полушария. Для количественной оценки влияния погоды на активность опасных геологических процессов целесообразно использовать типизацию атмосферной циркуляции Б.Л. Дзердзеевского.

При краткосрочном прогнозировании необходимо получение количественных показателей для оценки связи метеорологических факторов формирования селей и оползней с постоянными факторами (прежде всего, геологическими условиями). В ходе мониторинга должны быть определены пороговые критические значения метеорологических факторов, превышение которых с большой вероятностью может привести к формированию катастрофических природных процессов.

При составлении оперативных прогнозов целесообразно детальное изучение влияния космических факторов на развитие опасных геологических процессов, проводимое совместно специалистами различных отраслей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсировский Д.Г. Аналитическая сводка неблагоприятных ситуаций, соотносимых с проявлениями космопогодозависимой метеогляциоэкзогеодинамики // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Сб. материалов Всеросс. науч. конф. (26–30 мая 2015 г., Южно-Сахалинск, ИМГиГ ДВО РАН). Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 2. С. 50–54. (<http://www.imgg.ru/ru/news/100>).
2. Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. / С.А. Макаров, А.А. Черкашина, Ж.В. Атутова и др. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. 111 с.
3. Кононова Н.К., Мальнева И.В. Вероятность повторения на Северном Кавказе природных катастроф 2002 года // Матер. V Межд. конф. «Устойчивое развитие горных территорий» (21–23 сентября 2004 г.). Владикавказ: Изд-во «Терек», 2004. 21 с.
4. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
5. 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.
6. Кононова Н.К., Мальнева И.В., Горбунов Р.В. Циркуляция атмосферы последних лет и сели 2015 г. в России и ближнем зарубежье // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Матер. IV Межд. конф. (Россия, г. Иркутск–пос. Аршан (Респ. Бурятия) 6–10 сент. 2016 г.). Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2016. С. 106–110.
7. Крестин Б.М., Мальнева И. В. Активность оползневых и селевых процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Геоэкология. 2015. Вып. 1. С. 21–29.

8. Латыпова В.З., Мухаметшин Ф.Ф., Горшкова А.Т. Оползень в г. Ульяновск 05.04.2016 как классический пример техногенной катастрофы природно-техногенной системы правобережья р. Волга (<http://ulpressa.ru/2016/04/20/809050>).
9. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке // *ГеоРиск*. 2012. № 4. С. 48–54.
10. Мальнева И.В., Крестин Б.М., Кононова Н.К. Актуальные проблемы прогнозирования опасных геологических процессов // *Разведка и охрана недр*. 2016. № 7. С. 47–51.
11. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / А.И. Шеко, Г.П. Постоев, В.С. Круподеров, В.И. Дьяконова, И.В. Мальнева, С.И. Парфенов, А.А. Бондаренко, Л.В. Круглова. М.: ВСЕГИНГЕО, 1999. 78 с.
12. Осипов В.И. Природные катастрофы: анализ развития и пути минимизации последствий // *Проблемы анализа риска*. 2015. Т. 12. С. 84–93.
13. Плазменная гелиогеофизика / Под ред. Л.М. Зелёного, И.С. Веселовского. М.: Физматлит, 2008. Т. 1. 672 с.
14. Плазменная гелиогеофизика / Под ред. Л.М. Зелёного, И.С. Веселовского. М.: Физматлит, 2008. Т. 2. 559 с.
15. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / Под ред. А.И. Шеко. М.: Недра, 1979. 239 с.
16. Чумак О.В., Матвейчук Т.В. Прогноз 24-го цикла и реальные данные // Седьмая конф. «Физика плазмы в солнечной системе»: Сб. тез. докл. (06–10 фев. 2012 г., Москва, Ин-т космич. исследований РАН). М.: ИКИ РАН, 2012 (<http://www.plasma2012.cosmos.ru/sites/plasma2012.cosmos.ru/files/conf-plasma7-iki-feb2012.pdf>).
17. ACE Satellite - Solar Wind - [gov.noaa.swpc.services \(http://services.swpc.noaa.gov/text/aceswepam.txt\)](http://services.swpc.noaa.gov/text/aceswepam.txt)
18. Wetterzentrale (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsavneur.html>).

REFERENCES

1. Gonsirovskiy D.G. Analytical summary of adverse situations correlated with symptoms of geodynamics, depending on the symptoms and space weather factors. *Geodynamic processes and natural disasters. Experience Neftegorsk*: Materials of scientific conf. V. 2. Pp. 50–54 (Vladivostok: Dal'nauka, 2015) (<http://www.imgg.ru/ru/news/100>) (in Russian).
2. Makarov S.A., Cherkashina A.A., Atutova J.V. et al. *Catastrophic debris flows have occurred in the village of Arshan Tunka district of the Republic of Buryatia June 28, 2014*. 111 p. (Irkutsk: Institute of Geography of SB RAS, 2014) (in Russian).
3. Kononova N.K., Mal'neva I.V. The probability of recurrence in the North Caucasus natural disasters in 2002. *Materials of V int. conf. «Sustainable development of mountain areas»*. 21 p. (Vladikavkaz: Izdatel'stvo «Terek», 2004) (in Russian).
4. Kononova N.K. *Classification circulation mechanisms of the Northern Hemisphere by B.L. Dzerdzeevskij*. 372 p. (Moscow: Voentehinizdat, 2009) (in Russian).
5. Kononova N.K. Changes in atmospheric circulation in the Northern Hemisphere in the XX–XXI centuries, and their implications for climate. *Fundamental and applied climatology*. 1. 127–156 (2015) (in Russian).
6. Kononova N.K., Mal'neva I.V., Gorbunov R.V. The circulation of the atmosphere of recent years and sat in 2015 in Russia and the CIS. *Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection: Materials of the IV Inter. Conf.* Pp. 106–110 (Irkutsk: Institute of geography of SB RAS, 2016) (in Russian).

7. Krestin B.M., Mal'neva I. V. The activity of the landslide and mudflow processes in the Greater Sochi and its changes at the beginning of the XXI century. *Geoecology*. **1**. 21–29 (2015) (in Russian).
8. Latypova V.Z., Muhametshin F.F., Gorshkova A.T. *Landslide in Ulyanovsk 04.05.2016 as a classic example of a man-made disaster natural – technogenic right bank of the Volga river system* (<http://ulpressa.ru/2016/04/20/809050>) (in Russian).
9. Mal'neva I.V., Kononova N.K. Mudflow activity on the territory of Russia and CIS in the XXI century. *Geohazards*. **4**. 48–54 (2012) (in Russian).
10. Mal'neva I.V., Krestin B.M., Kononova N.K. Actual problems of forecasting of geohazards. *Exploration and conservation of mineral resources*. **7**. 47–51 (2016) (in Russian).
11. Sheko A.I., Postoev G.P., Krupoderov V.S., Dyakonov V.I., Malneva I.V., Parfenov S.I., Bondarenko A.A., Kruglov L.V. *Guidelines for the preparation of long-term forecasts of exogenous geological processes in the state of the geological environment monitoring system*. 78 p. (Moscow: VSEGINGEO, 1999) (in Russian).
12. Osipov V.I. Natural disasters: the analysis and the development of ways to minimize the effects. *Risk analysis problems*. **12**. 84–93 (2015) (in Russian).
13. Zelenyi L.M., Veselovskiy I.S. (eds.). *Plasma geliogeofizika*. V. **1**. 672 p. (Moscow: Fizmatlit, 2008) (in Russian).
14. Zelenyi L.M., Veselovskiy I.S. (eds.). *Plasma geliogeofizika*. V. **2**. 559 p. (Moscow: Fizmatlit, 2008) (in Russian).
15. Sheko A.I. (ed.). *The forecast of exogenous geological processes on the Black Sea coast of the USSR*. 239 p. (Moscow: Nedra, 1979) (in Russian).
16. Chumak O.V., Matvejchuk T.V. *Prediction of the 24th cycle and the actual data*. 7th Conf. «Physics of plasma in the solar system» (Moscow: Institute of Cosmic Studies of RAS, 2012) (<http://www.plasma2012.cosmos.ru/sites/plasma2012.cosmos.ru/files/conf-plasma7-iki-feb2012.pdf>) (in Russian).
17. ACE Satellite - Solar Wind - gov.noaa.swpc.services (<http://services.swpc.noaa.gov/text/ace-swepam.txt>).
18. Wetterzentrale (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsavneur.html>).