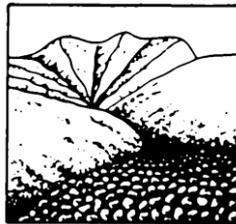


DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



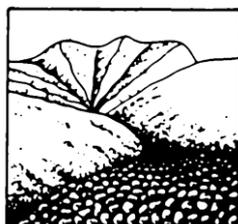
Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



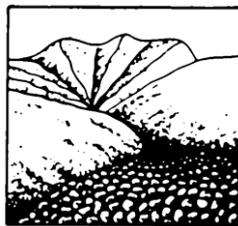
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

Издательство Универсал
Тбилиси 2018

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1-5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

გამომცემლობა "უნივერსალი"
თბილისი 2018

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

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: Geografiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Использование показателей космической погоды для оперативного прогноза селей

И.В. Мальнева, А.А. Черкесов

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

В докладе рассматриваются предпосылки и факторы, которые позволили бы оперативно за достаточный отрезок времени до проявления селевых потоков предупредить население о возможной катастрофе. При этом следует обратить внимание на некоторые, зависящие от периодических проявлений активности процессов на Солнце, показатели параметров солнечно-земных связей. Это скорость плазмы солнечного ветра в ближнем космическом пространстве и плотность протонов в нем. Действие протонов солнечного ветра - это дополнительный источник энергии при формировании селевых потоков. Рассматриваются случаи катастрофического проявления селей в Приэльбрусье в 2000 и 2017 годах. Кроме того, рассматриваются селевые катастрофы в Грузии и в Средней Азии за последние годы.

сели, солнечные вспышки, космическая погода, солнечный ветер, оперативный прогноз

Use of space weather indicators for operational forecast of mudflows

I.V. Malneva, A.A. Cherkesov

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

The authors analyze the preconditions and factors that would give the possibility to warn the population about probable mudflows for a sufficient period of time before the catastrophe. In this case, the attention should be paid to some parameters of the solar-terrestrial links that are related to the periodic manifestations of the active processes on the Sun. First of all, this is the speed of the plasma of the solar wind in the cosmic space and the density of protons in it. The speed of the solar wind serves as an additional source of energy for the formation of mudflows. Cases of the catastrophic mudflows in the Elbrus region in 2000 and 2017 are analyzed. Also, there are considered the mudflow disasters of recent years in Georgia, in the Middle Asia.

mudflow, solar flares, cosmic weather, solar wind, operational forecast

Введение

Для оперативного прогнозирования селей необходимо обращать особое внимание на предпосылки и факторы, которые позволили бы за достаточный отрезок времени до проявления процесса предупредить население о возможной катастрофе.

Все факторы, определяющие развитие селевого процесса, сложной многокомпонентной системы, взаимосвязаны и взаимообусловлены. Главным звеном в



этой цепи причинно-следственных связей является энергия, поступающая от Солнца. 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 [Плазменная гелиогеофизика, 2008, т. 1]. Следует обратить внимание на некоторые, зависящие от периодических проявлений активности процессов на Солнце, показатели параметров солнечно-земных связей. В первую очередь это скорость плазмы солнечного ветра в ближнем космическом пространстве и плотность протонов в нем. В вероятностном плане эти показатели могли оказать вспомогательное триггерное, а иногда и решающее влияние на развитие природных катастроф. Имеется в виду за счет энергии плазмы инъекций 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.

Как показывают результаты исследования, корпускулярное излучение Солнца достаточно интенсивно проявляет себя у поверхности Земли. Но существенно важным моментом при этом, снижающим результативность исследовательского процесса, является то, что эффект прорывных инъекций плазменных сгустков компонент солнечного ветра, отсоединившихся в геомагнитосферу, с достижением ими приповерхностной области Земли, проявляется только в вероятностном плане [Плазменная гелиогеофизика, 2008; Гонсировский, 2017]. Эти измеримые и имеющие отношение к планете Земля 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. 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.

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. Так, при уже проводившихся исследованиях собственно периода формирования и прохождения селевых потоков в первую очередь использованы временные ряды количественных значений плотности и скорости плазмы и энергии солнечного ветра, полученные измерительными приборами поближе к Земле, начиная с орбит космических аппаратов SOHO, ACE, NOAA POES. Источником фактических солнечноветровых данных послужили соответствующие таблицы, помещенные в сети Интернет в открытом доступе в первую очередь на сайтах <http://services.swpc.noaa.gov/text/ace-swepam.txt> [Гонсировский, 2017].

Содержание исследований

На предположение о влиянии всплесковых значений характеристик космической погоды мы обратили внимание при ежегодных исследованиях условий формирования селей в Приэльбрусье с 2001 до 2016 года (после катастрофического селя 2000 года). И ещё при 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 обращения ими



взоров на более широкий круг причин, в число которых и входит действие космической погоды.

Предположения о влиянии космической погоды на развитие опасных экзогенных процессов, в том числе и природных катастроф, потребовали изучения специальных публикаций по данному вопросу [*Плазменная гелиогеофизика, 2008, т. 1, 2*]. При этом было отмечено, что влияние космической погоды может проявить себя только тогда, когда для него будут подготовлены земные природные условия, в значительной степени определяющие в том числе и их активность. На основании имеющихся данных нами установлено, что скорость солнечного ветра в годы формирования гляциальных селей была аномально высокой. В таблице 1 помещены данные основных показателей солнечного ветра в периоды формирования и подготовки крупных катастроф, связанных с наиболее значительными селями. 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 в 1 см³. Наибольшие амплитуды всплесков значений скорости солнечного ветра, достигающие иногда до 1800 км/с и более, и значений плотности протонов в многие десятки единиц, наблюдаются тогда, когда ветер истекает из корональных дыр — открытых магнитных конфигураций на Солнце с центробежной расходимостью магнитных силовых линий. Также - если это происходит вследствие вспышек солнечных волокон (так называемых вспышек Хайдера) [*Плазменная гелиогеофизика, 2008, т. 1, 2*]. Одновременно при этом солнечная активность, измеренная числами Вольфа, может неправильно восприниматься как очень низкая.

Таблица 1. Показатели солнечного ветра при наиболее значительных проявлениях селей

Катастрофические проявления селей и др., даты проявления процесса	Средняя часовая скорость солнечного ветра, км/с	Средняя часовая плотность протонов, кол-во в 1 см ³
Селевой поток на р. Герхожансу 18 – 25 июля 2000 г.	С 13 до 17 июля от 600 до 1000	13 июля - 14 - 22
Катастрофические наводнения, сели, оползни на Северном Кавказе летом 2002 г.	Июнь – более 500 С 19 июля и до конца месяца от 700 до 843	Июнь – 11 - 19
Обвал ледника Колка 19 сентября 2002 г.	18 – 19 сентября более 700	
Сели на Северном Кавказе, р. Герхожансу 3 августа 2011 г.	В июле от 550 до 700, 1 августа 580 - 680	
Наводнение в Тбилиси в ночь с 13 на 14 июня 2015 г.	540 - 590	12 июня - 12 – 17 13 июня - 7 - 12
Сель в Алма-Ате 23 июля 2015 г.		Увеличение плотности протонов 22 июля с 12 до 22
Оползни и сели в Грузии, Дарьяльское ущелье, р. Девдораки, 24 июня 2016 г.	Июнь - 517 - 529	22 и 23 июня плотность протонов более 10
Сели на Северном Кавказе р. Герхожансу 14 – 15 Августа 2017 г.	638	5,1
Прорыв озера Башкара и катастрофический сель в долине р. Адылсу (Северный Кавказ) в ночь с 31 августа на 1 сентября 2017 г.	594 - 670	52,6, затем - 26,5, после – 16,1

Геомагнитосфера не обеспечивает 100-процентную защиту от ударных волн раз за разом 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



магнитное поле Земли инъекции сгустков компонент солнечного ветра. К сожалению, место попадания этих инъекций на Землю предсказать невозможно. Для изучения этой проблемы целесообразно обратить внимание на земные атмосферные синоптические барические депрессионные элементарные детали как следствие прорывных инъекций в приповерхностную область Земли сгустков отсоединившихся в геомагнитосферу компонент геоэффективного солнечного ветра. Указанная выше депрессионность, оформившаяся в виде циклоноидов четко 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 синоптической ситуации рекомендуется использовать карты Северного полушария Земли, которые ежедневно обновляются в открытом доступе в Интернете (сайт <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsavneur.html> и др.). Эта ситуация проявилась при известной катастрофе природных процессов 4 – 7 июля 2012 г. в Крымске. Здесь при взгляде на карты наблюдается – 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) [Гонсиоровский, 2017].

Исследования влияния космической погоды на формирование катастрофических селевых потоков в Грузии и на Кавказе в целом продолжены при анализе возникновении других природных катастроф XXI века. (табл. 1). Безусловно, высказанные предположения требуют серьезного изучения специалистами различных направлений во взаимодействии друг с другом.

В 2016 – 2017 годах мы ежедневно в режиме онлайн вели наблюдения за указанными показателями космической погоды. (табл. 2). При анализе таблицы обращают внимание высокие значения скорости солнечного ветра и особенно – плотность протонов в течение всего августа (табл. 2), (рис. 1).

Таблица 2. Характеристика космической погоды в селеопасный период 2017 г.

Дата, август 2017 г.	Одноминутная скорость солнечного ветра, км/с	Одноминутная плотность протонов, кол-во в 1 см ³
04	В 07 ч. 418	В 07 ч. 36,2
05	В 07 ч. 732,5	7,0
06	В 07 ч. 661,3	5,1
07	541,5	5,5
08	471	5,4
09	444,6	5,8
10	415,5	6,3
12	В 07 ч. 540,4 Поздно вечером до 700	8,4
14	638,3	5,1
23	474,7	9,8
29	406,4	В 17 ч. 16,4, затем – 21,7, потом 12,8
31	594 (21ч. 47 м.)	В 05 ч. 52,6, в 06 ч. 26,5, затем - меньше
01 сентября	670,9	16,0

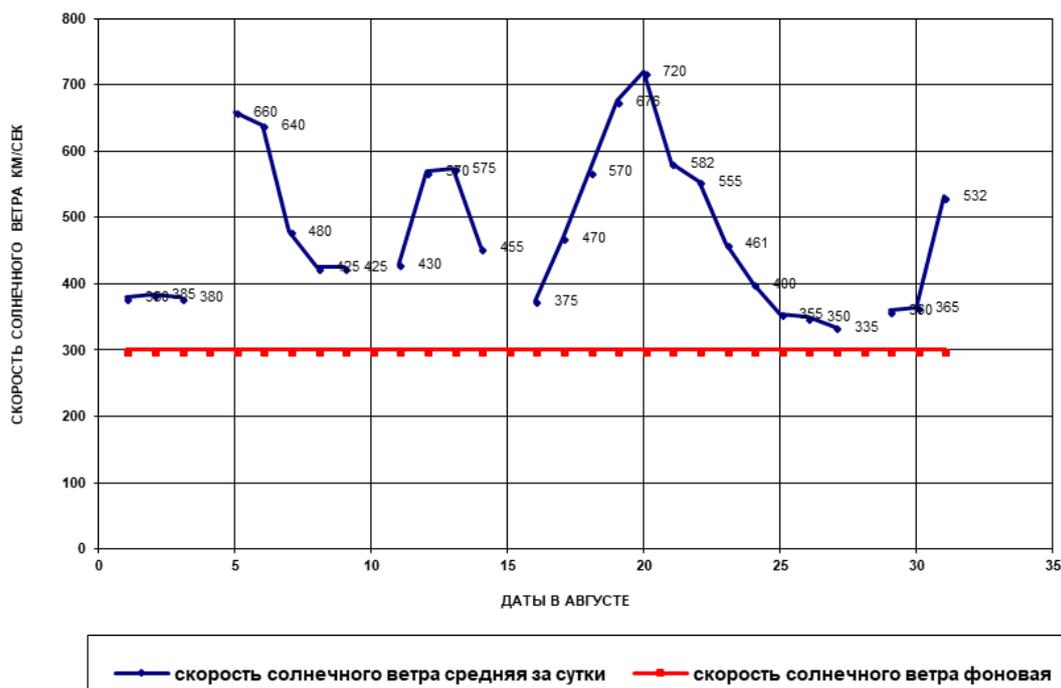


Рис.1. Характеристика средней суточной скорости солнечного ветра по данным наблюдений в августе 2017 года

Далее в форме парафраза представлена характеристика космической погоды, которая приведена на сайте <http://spaceweather.com/> в августе 2017 года (использован переводчик из Интернета).

12 августа. Как и было предсказано, поток солнечного ветра с высокой скоростью дует вокруг Земли сегодня. Источником потока является дыра в солнечной атмосфере. До сих пор устойчивое давление ветра мало мешало магнитному полю нашей планеты.

13 августа. В течение второго дня подряд вокруг Земли дует поток высокоскоростного солнечного ветра. Его источник - это дыра в атмосфере солнца.

15 августа. Растущее пятно трескается солнечными вспышками G-класса и бросает в космос облака плазмы размером с Луну. Если активная область продолжит развиваться, она может стать значительным источником космической погоды в предстоящие дни.

G2-класса геомагнитная буря произошла в первые часы 22 августа, когда межпланетное магнитное поле вблизи Земли неожиданно накренилось на юг. Это открыло трещину в магнитосфере нашей планеты (https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2003/03dec_magneticcracks).

28 августа. Солнечный ветер, вытекающий из дыры в атмосфере Солнца, приближается к Земле. Расчетное время прибытия: 1 сентября.

Прогнозисты NOAA говорят, что 31 августа на 30% возможен небольшой геомагнитный шторм класса G1, когда ожидается, что быстро движущийся поток солнечного ветра достигнет магнитного поля Земли. Источником ветра является дыра в форме каньона в солнечной атмосфере.

31 августа начинается геомагнитная буря G1-класса, так как Земля входит в поток быстро движущегося солнечного ветра. Первый контакт с потоком вызвал яркие сияния над Аляской. Прогнозисты ожидают, что солнечный ветер вокруг Земли будет дуть быстрее, чем 600 км/с, по крайней мере, в течение следующих 24 часов. Поэтому более сильные обширные сияния возможны 1 сентября. Магнитное поле нашей планеты должно оставаться неурегулированным 1 сентября, когда Земля продолжает свое движение через поток быстро движущегося солнечного ветра».

Таким образом, всё сходится. Солнечный ветер из коронарного отверстия достигает Земли примерно 13 августа 2017 г., наблюдаются высокая скорость и



плотность протонов, кинетическая энергия тяжёлых протонов переходит в тепловую энергию на леднике Каяарты-баши, на задровом поле, в погребённых льдах. Соответственно, высвобождается большое количество воды. А гравийная масса там имеется в огромном количестве. 14–15 августа прошли сели по р. Герхожансу. Сель 14 августа был более мощным, чем сель в августе 2011 года.

В ночь на 1 сентября 2017 года катастрофический селевой поток, вызвавший много разрушений и возникший вследствие прорыва озера Башкара, прошел по долинам рек Адылсу и Баксан в Приэльбрусье. Озеро Башкара всегда было селеопасным. В конце 1950-х годов его прорывы уже приводили к разрушительным селевым потокам по долине реки Адылсу. Наблюдение за озером велось постоянно. Публиковались работы о нарастании угрозы. Впервые за последние десятилетия вода из озера Башкара стала вновь переливаться в течение одного дня через ограничивающий его вал (морену) в 2008 году. Затем ситуация стабилизировалась и до 2015 года уровень воды в озере высоко не поднимался.

Опасность формирования гляциального селя в долине реки Адылсу, вследствие прорыва высокогорного озера Башкара, в июле 2008 г., прогнозировалась многими специалистами МГУ, ВГИ и других организаций. В зарождении селевого потока в 2017 году сыграли роль как интенсивные осадки, так и прорыв приледникового озера Башкара. При отсутствии столь обильных осадков прорыв озера в 2017 году был бы маловероятен (как он и не случился в 2008 году).

Катастрофа от селя в ущелье Адылсу в значительной степени объяснима влиянием космической погоды. Выше уже отмечены показатели скорости солнечного ветра и плотности протонов как в период формирования катастрофического паводка, так и в течение подготовительного периода к этому моменту на протяжении всего августа.

Когда протонно-электронные удары инъекций поражают средние и высокие широты, образуя элементарные циклонические механизмы - маломерные депрессионные понижения в абсолютной топографии (АТ) геопотенциала 500 hPa (рис. 2), - в вертикальной проекции под ними могут возникнуть те или иные чрезвычайные ситуации. Широтная либо меридиональная циркуляции земной атмосферы, обычные в практике метеорологов циклоны и антициклоны, при оценке влияния прорывных инъекций сгустков компонент плазмы солнечного ветра остаются вне поля зрения. Однако возникновение упомянутых элементарных циклонических механизмов играет подталкивающую роль для тех же циклонов и антициклонов. Меньшее число из них, получая подпитки корпускулярной энергией Солнца, становится блокирующими образованиями на обширных территориях. Образуются вертикальные облачные и надоблачные водяно-градовые «башни», порождающие катастрофы. Как это и было в ночь на 1 сентября 2017 года над озером Башкара (количество осадков за двое суток достигало 200 мм). А в паре с ними или самостоятельно – молнии [Гонсировский, 2017; Гонсировский, Анаев, 2016].

Заключение

Проявление селей – это результат действия сложной многокомпонентной системы - селевого процесса, развитие которого определяется большим количеством факторов. Главным фактором, обуславливающим развитие селевого процесса, является солнечная энергия в разных её видах. Одним из инструментов ее воздействия является солнечный ветер.

При составлении оперативных прогнозов (с заблаговременностью 2 – 3 дня) целесообразно использование показателей различных параметров космической погоды. В частности, скорость солнечного ветра в период формирования катастрофических селей является аномально высокой (более 700 км/с). Также как и большая плотность протонов. Детальное изучение влияния космических факторов на развитие селей надо проводить совместно со специалистами различных отраслей - МЧС, Росгидромета и др.

Влияние космической погоды может проявиться только тогда, когда к этому готовы земные природные условия, в значительной степени определяющие развитие и активность селей.

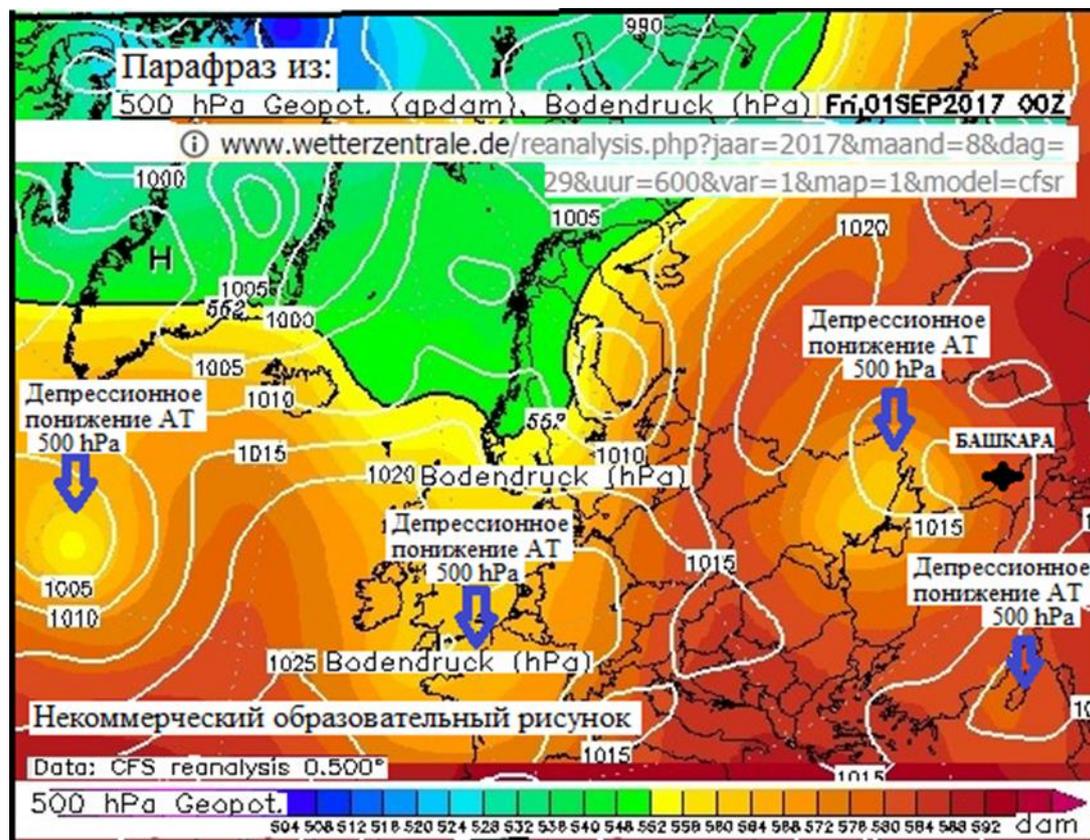


Рис. 2. Синоптическая ситуация в северном полушарии Земли 1 сентября 2017 г. по данным сайта <http://www.wetterzentrale.de> и анализ её воздействия на возникновение чрезвычайной ситуации путём наполнения озера Башкара.

Список литературы

- Гонсировский Д.Г., Анаев М.А. (2016). Обнаружение ряда надоблачных атмосферных свидетельств влияния факторов космической погоды на грозы и атмосферные осадки. Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций Докл. и выступления на XV Всерос. науч.-практич. конф. (13 – 14 окт. 2016 г., Москва, Центр «Антистихия» МЧС РФ). М., 86-92. URL: www.mchs.gov.ru/upload/site/document_file/Wz94KQI7Xs.pdf (файл для скачивания на официальном сайте Центра «Антистихия» www.mchs.gov.ru/document/89093).
- Гонсировский Д.Г. (2017). О возможном влиянии плазмы солнечных вспышек на возникновение гляциальных селевых потоков на Земле. Жизнь Земли, 39(2): 147-154.
- Плазменная гелиогеофизика (2008). Под ред. Зелёного Л.М., Веселовского И.С. М., Физматлит. Т. 1, 672 с. Т. 2, 559 с.