

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.



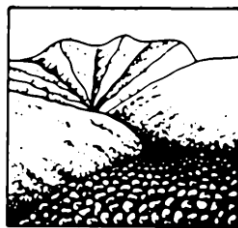
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

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



Концепция мониторинга селевой опасности в Иле Алатау

**А.Р. Медеу¹, М.А. Аскарлова², В.П. Благовещенский¹, С.У. Ранова¹,
Б.С. Степанов¹**

¹*Институт географии МОН РК, Алматы, Казахстан, ingeo_2009@mail.ru,
victor.blagov@mail.ru, sandu2004@mail.ru, bs.stepanov@gmail.ru*

²*Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
maulken@mail.ru*

Приводится описание системы автоматизированного мониторинга селевой опасности в Иле Алатау, разработанной для предотвращения ущерба от селей на территории города Алматы. Система состоит из четырех блоков: оценка обстановки, наблюдение, анализ и прогноз, предупреждение об угрозе селя. Мониторинг осуществляется на станциях четырех типов: станции на ледниковых озерах, станции в очагах формирования селей, станции в селевых руслах, станции на селезащитных сооружениях. В процессе мониторинга производится автоматическое измерение следующих параметров: температура воздуха, количество и интенсивность атмосферных осадков, температура и уровень воды в озере, уровень воды в селевом русле, температура и влажность грунта. Станции мониторинга оснащены также датчиками схода селя и видеокамерами. Для экстренного оповещения используются сирено-речевые установки. Данные со станций мониторинга по беспроводной сети передаются в центр управления, который может работать в режиме автоматического и ручного управления.

мониторинг селевой опасности, селевые потоки, раннее предупреждение

Conception monitoring of the mudflow hazard in Ile Alatau

**A.R. Medeu¹, M.A. Askarova², V.P. Blagovechshenskiy¹, S.U. Ranova¹,
B.S. Stepanov¹**

¹*Institute of Geography MES RK, Almaty, Kazakhstan, ingeo_2009@mail.ru,
victor.blagov@mail.ru, sandu2004@mail.ru, bs.stepanov@gmail.ru*

²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, maulken@mail.ru*

There is a description of the automated monitoring system of the mudflow hazard in Ile Alatau, that has been developed for the prevention of damage from mudflows in Almaty city. The system consists of four blocks: assessment of the situation, observation, analysis and forecast, warning of the mudflows. Monitoring is carried out on the stations of four types: stations on glacial lakes, stations in mudflow formation sites, stations in mudflow channels, stations on protective dams. During the monitoring process, the automatic measurement of the following parameters is carried out: air temperature, quantity and intensity of precipitation, temperature and water level in the lake, water level in the mudflow channel, temperature and humidity of ground. Monitoring stations are also equipped with the mudflow sensors and video cameras. Alarm voice units are installed in dangerous sites of roads. Data from the monitoring station are sent by a wireless network to the control center, which can be operated both automatically and manually.

monitoring of mudflow hazard, mud flows, early warning



Введение

Селевые потоки представляют собой большую опасность для населения и экономики Приалматинского региона Казахстана. Крупные селевые катастрофы происходили здесь в 1921, 1956, 1963, 1977, 1982, 1993, 1999, 2006, 2014 и 2015 годах. Анализ селевой активности и сведения о селевых катастрофах в Иле Алатау приведены в работах [Горбунов и др., 2001; Виноградов и др., 1976; Дуйсенов, 1971; Лантев, 1990; Медеу и др., 2016; Попов и др., 1980].

Существующая система защитных сооружений не обеспечивает необходимый уровень селевой безопасности. В частности, совершенно не защищены от селей участки, расположенные выше селеудерживающих плотин, и участки, подверженные воздействию селей, образующихся в селевых очагах, находящихся ниже этих плотин. Поэтому давно назрела необходимость создания автоматизированной системой мониторинга селевой опасности и раннего предупреждения о селевой угрозе.

Под мониторингом селевой опасности понимается регулярное измерение, анализ и прогнозирование характеристик селеформирования, наблюдение за ходом селевого процесса, прогноз характеристик селей во времени и пространстве, а также раннее оповещение об угрозе или возникновении селевого потока.

Автоматизированный мониторинг селевой опасности и раннее предупреждение о селевой угрозе успешно применяются за рубежом [Ghosh, et al., 2012; Bad, et al., 2009; Comiti et al., 2014; Romang, 2011]. В работах [Замай, 2014, 2015; Степанов и др., 2016] рассматриваются проблемы и возможности создания таких систем в Казахстане. В данной статье приводится описание проектируемой системы мониторинга и раннего оповещения о селевой опасности в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Акса, в которых формируются сели, угрожающие территории города Алматы.

Основные принципы создания и функционирования системы мониторинга селевой опасности

Автоматизированная система мониторинга селевой опасности в селеопасный период (с середины мая до середины сентября) должна функционировать в круглосуточном непрерывном режиме. В зимний период часть датчиков и станций консервируются. Некоторые станции мониторинга на этот период могут сниматься и храниться на складе. Там же может проводиться их техническое обслуживание. Поэтому важно, чтобы такие станции были транспортабельны, легко монтировались и демонтировались. Проверка жизнеспособности автоматической системы оповещения о селевой опасности должна осуществляться с интервалами не более 5 минут.

Автоматическая система мониторинга селевой опасности дождевого генезиса должна базироваться на информации о положении сезонной снеговой линии, высоте нулевой изотермы, наличии и объемах селеформирующих грунтов и их предварительном увлажнении, состоянии растительного покрова, интенсивности и продолжительности жидких осадков. Характеристики факторов селеформирования хранятся, анализируются и обновляются в оперативных банках, являющихся составной частью системы мониторинга селевой опасности. Оперативные данные, используемые при прогнозе селей, поступают на момент составления сверхкраткосрочных прогнозов непосредственно с пунктов мониторинга. При прогнозе селевой опасности необходимо рассматривать совокупности метеорологических параметров и их взаимное влияние. Например, выпадение осадков уменьшает температуру воздуха, уменьшение температуры воздуха изменяет положение нулевой изотермы, уменьшение высоты нулевой изотермы может привести к изменению фазового состава осадков, выпадение осадков в твердом виде влияет на характеристики стока поверхностных и подземных вод, последнее может привести к прекращению селеформирования.

Место расположения пунктов мониторинга должно быть максимально приближено к очагам зарождения селей. С начала выпадения осадков система предупреждения о селевой опасности дождевого генезиса должна работать в



непрерывном режиме. В безопасный период автоматическая система мониторинга селевой опасности дождевого генезиса должна работать в режиме наблюдения станций государственной метеорологической службы.

Состав наблюдаемых параметров

Состав наблюдаемых параметров зависит от состава селеформирующих факторов, обуславливающих формирование селей в данном селевом бассейне, селевом русле или селевом врезе. Поэтому он будет разным для селей разного генезиса (гляциального или дождевого). Измеряемый параметр должен иметь существенное значение для формирования селя. Он должен входить в прогностическую схему, которая позволяет оценить степень селевой угрозы и сформулировать прогноз селя. Этот параметр должен быть измеряемым и для его измерения должны иметься соответствующие надежные и практичные датчики.

Сели гляциального генезиса. Для селей гляциального генезиса в качестве прогностических признаков используются: температура воздуха, положение нулевой изотермы, солнечная радиация, атмосферные осадки, режим стока, состояние озерных перемычек.

Как показала практика, использование только метеорологических показателей при прогнозе прорыва высокогорных водоемов не приводит к положительным результатам. Более эффективным представляется использование связи температуры воздуха с талым стоком. Незакономерное изменение режима стока, резкое уменьшение уровня воды в водоемах могут служить предикторами прорыва поверхностных и подземных водоемов.

Таким образом, станции мониторинга на прорывоопасных ледниковых озерах должны измерять следующие параметры:

- Температура воздуха;
- Осадки;
- Температура воды в озере;
- Уровень воды в озере;
- Скорость изменения уровня воды в озере;
- Приток воды в озеро;
- Расход воды, вытекающей из озера;
- Температура грунта озерной перемычки;
- Влажность грунта озерной перемычки;
- Сейсмодатчик;
- Датчик схода селя.

Измерение уровня воды в поверхностном канале стока позволяет оценить вероятность прорыва озера поверхностным путем. Скорость подъема воды определяет время переполнения озера. Резкое падение уровня воды сигнализирует о возможности подземного прорыва.

Измерение температуры воздуха необходимо для прогнозирования притока талой воды с ледника.

Измерение количества и интенсивности осадков позволяет оценить приток воды в озеро и возможность его переполнения

Измерение температуры грунта перемычки на разных глубинах позволяет контролировать процесс протаивания сезонной и многолетней мерзлоты и возможность просадки или размыва, а также формирования подземных каналов стока.

Измерение влажности грунта перемычки позволяет оценить ее прочность и устойчивость к размыванию и прорыву.

Сейсмодатчик, установленный вблизи вероятного пути прорыва озера, позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующем о начале селевого процесса.

Датчик схода селя дает однозначный сигнал о возникновении селевого потока.



Видеокамера дает наглядную картину текущей обстановки. Для экономии трафика связи целесообразно установить ее в режим фотокамеры с передачей снимков 1 раз в час. Переключение на видеорежим надо делать только в экстренных случаях.

Сели дождевого генезиса. Очагами формирования дождевых селей могут быть как большие площади эродированных поверхностей (бедленды, поверхности скольжения крупных обвалов, где образуются очаги рассредоточенного селеобразования), так и линейные образования (врез, рытвина и т.д. – очаги сосредоточенного селеобразования).

На станциях мониторинга в очагах образования дождевых селей необходимо измерять следующие параметры:

- Температура воздуха;
- Осадки;
- Температура грунта;
- Влажность грунта;
- Уровень воды в селевом врезе;
- Сейсмодатчик;
- Датчик схода селя.

Основным параметром, подлежащим измерению на этих станциях, является количество и интенсивность выпадения осадков, поскольку они входят во все методики прогноза дождевых селей. Вторым по важности параметром является влажность грунта, позволяющая оценить устойчивость бортов селевых врезов.

Измерение уровня воды в селевом русле позволяет оценить расход воды и возникновение предпосылок к развитию селевого процесса.

Сейсмодатчик позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующем о начале селевого процесса.

Датчик схода селя дает однозначный сигнал о возникновении селевого потока.

Станции в селевых руслах предназначены для обнаружения факта прохождения селя и слежения за его развитием.

Основным параметром, подлежащим измерению на этих станциях является высота потока воды в селевом русле. Для каждой станции должны быть определены критические значения этого параметра.

Сейсмодатчик позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующем о начале селевого процесса.

Датчик схода селя дает однозначный сигнал о возникновении селевого потока. При срабатывании этого датчика должны автоматически включаться сирены, громкоговорители и светофоры.

На отдельных станциях, расположенных в особенно важных местах нужно установить видеокамеры, включаемые по команде оператора, для контроля показаний датчиков.

Станции на селезащитных дамбах предназначены для контроля процесса воздействия селя на сооружение. При этом необходимо следить за скоростью заполнения селехранилища и расходом воды в нижнем бьефе плотины.

Основными параметрами, подлежащими измерению на этих станциях, являются высота селевых отложений в селехранилище и высота потока воды в русле реки ниже плотины. Для обоих параметров должны быть определены критические значения.

Датчик уровня воды в теле плотины позволяет контролировать фильтрацию жидкой составляющей селя в теле плотины и судить о ее устойчивости.

Сейсмодатчик позволяет уловить начало сдвига камней в русле, свидетельствующем о начале селевого процесса.

Видеокамера позволяет вести визуальный контроль за развитием ситуации.

Система автоматизированного мониторинга селевой опасности

В систему автоматизированного мониторинга селевой опасности входят станции четырех типов (рисунки 1. 2): станции на моренно-ледниковых озерах, станции в



селевых очагах, станции на селевых руслах, станции на селезащитных дамбах. Со станций мониторинга данные передаются по беспроводной сети на центральный диспетчерский пункт с сервером для сбора и обработки данных и автоматизированным рабочим местом оператора, оборудованном мониторами для визуализации результатов измерений и видеонаблюдений.

На рисунке 3 приведены места расположения станций проектируемого мониторинга в бассейнах рек Киши и Улкен Алматы, Каргалы и Аксая в Иле Алатау. Всего предполагается установить 8 станций на ледниковых озерах, 6 станций в селевых очагах, 10 станций в селевых руслах и 5 станций на селезащитных дамбах.

Сирены аварийного оповещения кроме звукового сигнала должны передавать речевые сообщения. Дальность распространения звукового сигнала должна быть не менее 1 км.

Станции, расположенные в местах, где нет постоянного источника электроэнергии, должны обеспечиваться автономными системами энергоснабжения (солнечные батареи, ветрогенераторы, аккумуляторы) в зависимости от местных условий. Система должна обеспечивать бесперебойное снабжение электроэнергией станции на протяжении не менее 6 месяцев.

Система передачи данных со станций на центральный сервер использует УКВ или КВ радиоканалы или спутниковую связь в зависимости от местных условий прохождения радиосигнала. Способ передачи данных определяется на стадии проектирования системы.

Все устройства должны иметь защиту от внешних воздействий. Устройства, устанавливаемые на неохраемых территориях, должны иметь антивандальную защиту.

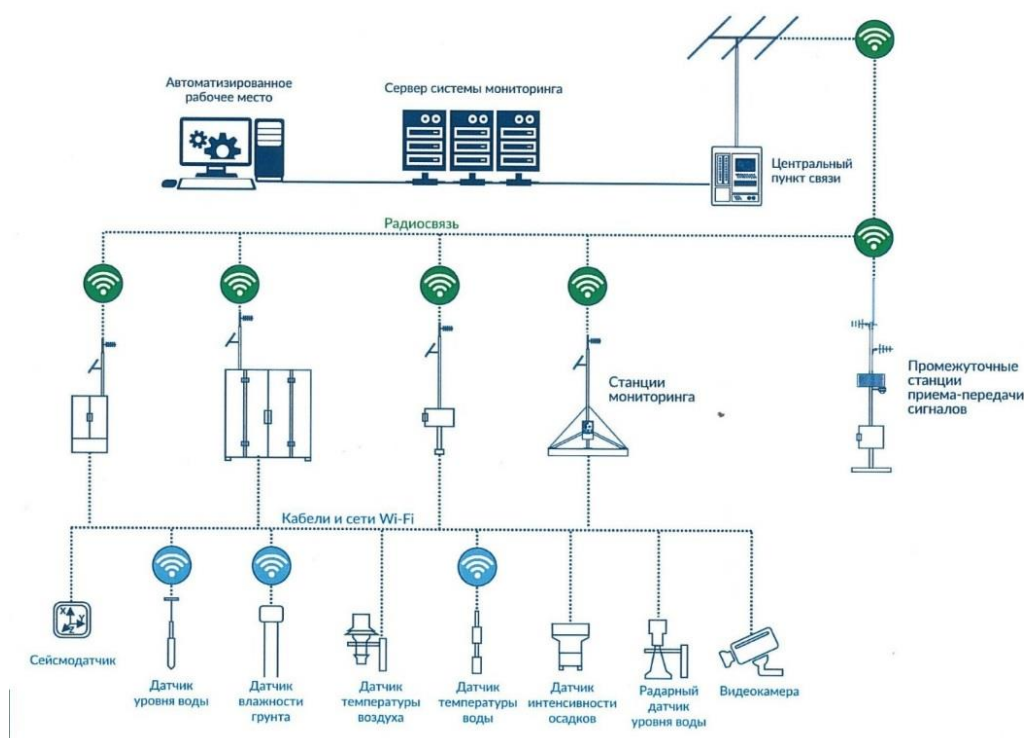


Рис. 1. Схема мониторинга селевой опасности.

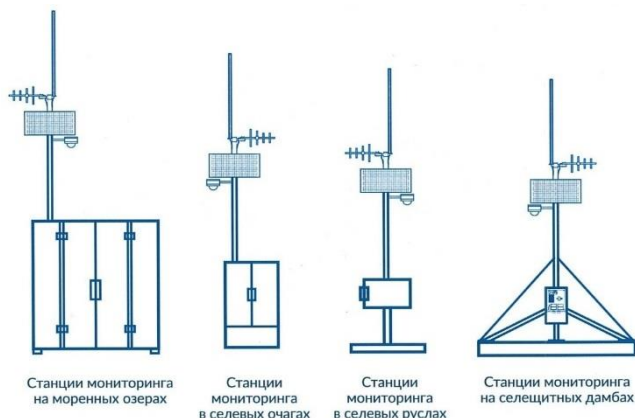


Рис. 2. Типы станций мониторинга.

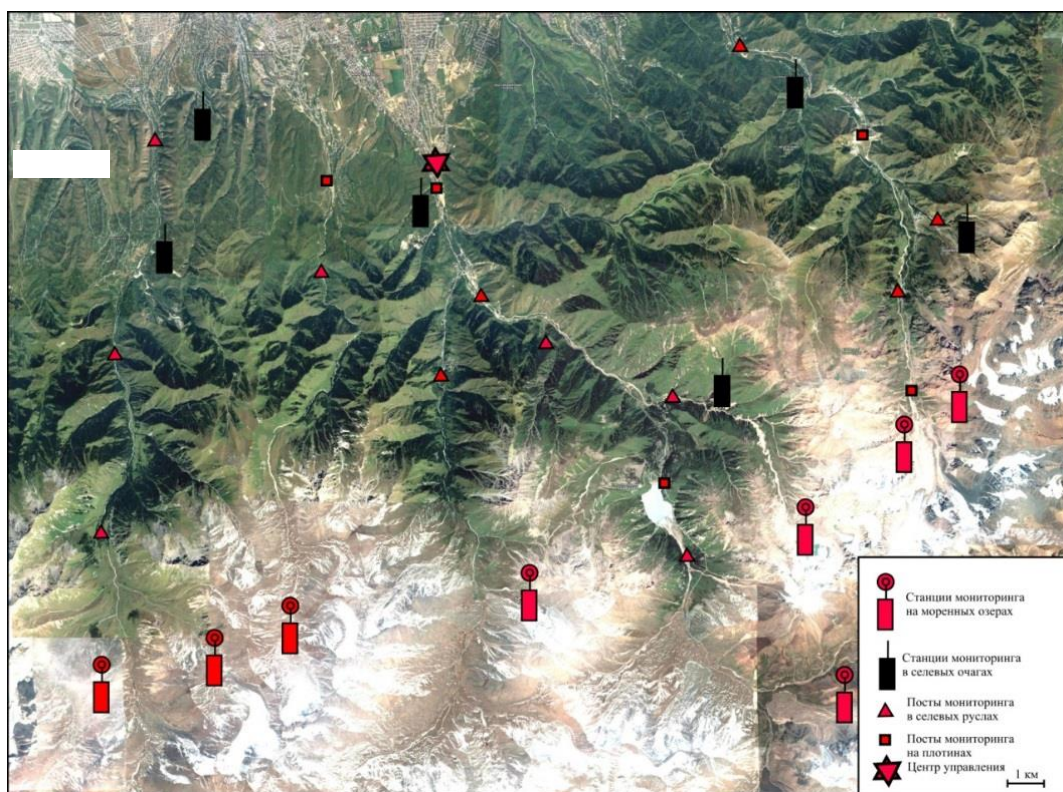


Рис. 3. Схема расположения пунктов мониторинга селевой опасности.

Средства связи и передачи данных. Для передачи данных со станций наблюдения на сервер Центра управления может осуществляться тремя способами:

1. УКВ радиосвязь;
2. Мобильная GSM связь;
3. Мобильная спутниковая связь.

Возможность передачи данных по УКВ радиосвязи зависит от рельефа местности в пункте расположения станции мониторинга. В настоящее время на всех постах Казселезащиты связь осуществляется по УКВ связи в диапазоне 136-174 МГц. В качестве передающих устройств можно использовать мобильные цифровые радиостанции MOTOTRBO DM 4400 (США) или HITERA (КНР). Станции HITERA являются более современными и имеют большие возможности.

Для использования GSM связи необходимо, чтобы станция мониторинга находилась в зоне покрытия мобильной связью. В настоящее время мобильная связь



обеспечивается в низкогорной и среднегорной зонах бассейнов Киши и Улкен Алматы и в низкогорной зоне бассейнов Каргалы и Аксай.

Для станций, расположенных вне зоны доступности GSM связи и вне зоны радиовидимости УКВ связи можно использовать спутниковую связь.

Режимы работы системы мониторинга

Система должна поддерживать следующие режимы функционирования:

1. Дежурный.
2. Тревожный.
3. Аварийный.

В дежурном режиме данные со станций мониторинга передаются на центральный сервер 4 раза в сутки.

Тревожный режим включается при прогнозе выпадения осадков, а также при пороговых значениях наполнения моренных озер. Передача данных происходит ежечасно. Включение тревожного режима происходит по команде оператора для тех станций, на которых сложилась тревожная ситуация.

Аварийный режим включается при красном уровне селевой опасности при превышении пороговых значений контролируемых параметров, когда появляется реальная угроза схода селя в ближайшие часы, а также при срабатывании датчика обнаружения селя. Передача данных с угрожаемых объектов происходит ежеминутно. Аварийный режим включается автоматически или по команде оператора.

Благодарности

Статья написана по материалам исследований, финансируемых Комитетом науки МОН РК. Проект грантового финансирования № AP05132214 «Селебезопасность Республики Казахстан».

Список литературы

- Виноградов Ю.Б., Хонин Р.В., Земс А.Э. (1976). Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алматинке. Селевые потоки, 1: 60-73. Л., Гидрометеоиздат.
- Горбунов А.П., Северский Э.В. (2001). Сели окрестностей Алматы: Взгляд в прошлое. Алматы, 80 с.
- Дуйсенов Е. (1971). Селевые потоки в Заилийском Алатау. Алма-Ата, Казахстан, 192 с.
- Замай В.И. (2014). Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана. Проблемы автоматизации и управления, 2: 31-40.
- Замай В.И. (2015). Методы и технические средства мониторинга селевой опасности горных территорий. Проблемы автоматизации и управления, 1: 148-157.
- Лаптев В.И. (1990). Описание селевого потока 3-4 августа 1977 г. в бассейнах рек Кумбельсу и Большой Алматинки. Селевые потоки, 5: 55-59.
- Медеу А.Р., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л. (2016). Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их последствий. Алматы, Институт географии, 576 с.
- Попов В.И., Степанов Б.С., Мочалов В.П. (1980). Селевые явления 3-31 августа 1977 г. в бассейне р. Большая Алматинка. Селевые потоки, 4: 57-63. М., Гидрометеоиздат.
- Степанов Б.С., Яфязова Р.К. (2016). Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Селевые процессы и селетехнические сооружения. Алматы, Институт географии, 434 с.
- Bad A., Graf C., Rhyner J., Kuntner R., McArdeall B.W. (2009). A debris-flow alarm system for the Alpine Illgraben catchment: design and performance. Natural Hazards, 49: 217-539.
- Comiti F., Marchi L., Macconi P., Arattano M., Bertoldi G., Borga M., Brardinoni F., Cavalli M., D'Agostino V., Penna D., Theule J. (2014). A new monitoring station for debris flows in the European Alps: first observations in the Gadria basin. Natural hazards, 73: 1175-1198.
- Ghosh J.K., Bhattacharya D., Samadhiya N.K., Boccardo P. (2012). A generalized geo-hazard warning system. Natural Hazards, 64: 1273-1289.
- Romang H., Zappa M., Hilker N., Gerber M., Dufour F., Frede V., BéroD D., Oplatka M., Hegg C., Rhyner J. (2011). IFKIS-Hydro: an early warning and information system for floods and debris flows. Natural Hazards, 56: 509-527.