

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



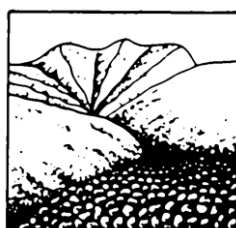
Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



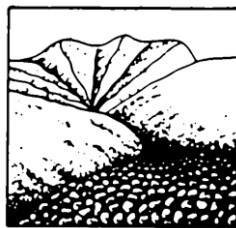
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

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



Предпосылки к усилению селевой деятельности в горах Западного Саяна

Е.С. Зелепукина, С.А. Гаврилкина, Г.В. Пряхина

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Санкт-Петербург, Россия, s.gavrilkina@spbu.ru, e.zelepukina@spbu.ru, g.pryakhina@spbu.ru

Активное освоение горных территорий, приводящее к значительным нарушениям природных экосистем, делает проблему увеличения числа и повторяемости опасных природных явлений особенно актуальной. В ходе комплексных ландшафтно-гидрологических исследований в бассейне реки Абакан были зафиксированы многочисленные следы схода небольших селевых потоков. Анализ природных и антропогенных факторов селеобразования показал, что в семигумидных условиях низко- и среднегорий северного макросклона Западного Саяна формирование селей является следствием деградации таежного пояса, вызванной многолетними лесозаготовительными работами. Сведение леса на крутых и среднекрутых склонах, сопровождаемое нарушением целостности почвенного покрова, привело к активизации склоновых процессов и, как следствие, формированию эрозионных ложбин и повышению вероятности селеобразования. Учитывая значительные объёмы заготовки древесины и низкие темпы естественного возобновления древесной растительности при отсутствии лесовосстановительных работ, можно предполагать как повторные сходы селевых потоков, так и образование новых очагов. Применение ландшафтно-гидрологического подхода позволяет, понимая механизм формирования селей, выявить потенциальные очаги селеобразования.

опасные гидрологические явления, селевой бассейн, противоэрозионная функция леса, факторы формирования селей

Prerequisite for enhanced mudflow activity in West Sayan mountains

E.S. Zelepukina, S.A. Gavrilkina, G.V. Pryakhina

Federal state institution of higher education Saint-Petersburg state university, Institute of Earth Sciences, Saint-Petersburg, Russia, s.gavrilkina@spbu.ru, e.zelepukina@spbu.ru, g.pryakhina@spbu.ru

An active development of mountain areas causes significant violations of natural ecosystems and to be regarded as an actual and important one within the context of increase in the number and repeatability of natural hazards. Numerous examples of small mudflows were recorded in the Abakan river basin during the hydrological and landscape integrated research. An analysis of natural and anthropogenic factors of mudflows formation revealed that in semi-humid conditions of low- and middle-level northern West Sayan highlands taiga belt degradation owing to long-standing logging leads to mudflows formation. Obvious deforestation on steep slopes accompanied by serious disturbance of soil cover has consequently resulted in slopes erosion intensification, slope hollows development and considerably increased possibility of mudflows occurrence. Taking into account the serious volume of logged wood and a low growth of natural tree cover regeneration against the absence of reforestation it can be expected that both repeated and new mudflows are quite possible. Aware of the mudflow occurrence specifics, the landscape-hydrological approach allows reveal its potential hotspots.



hydrological hazards, mudflow basin, forest conservation role, mudflows formation factors

Введение

Наличие существенных перепадов высот, преобладание территорий со значительными уклонами, высокая степень расчленённости рельефа в совокупности с эффектом активной горно-долинной циркуляции и пр. определяет природные предпосылки возникновения опасных гидрологических явлений. Но в силу ряда объективных трудностей (редкая сеть постов режимных наблюдений, скудность эмпирических материалов из-за труднодоступности и малоизученности многих районов, внезапность явлений и др.) прогнозирование их возникновения крайне затруднительно. Поэтому важную роль в процессе изучения таких опасных явлений, как сели, принадлежит междисциплинарным исследованиям.

В ходе комплексных ландшафтно-гидрологических исследований сотрудников СПбГУ, проводимых в период 2011-2017 гг. на территории Западного Саяна в бассейне р. Абакан были зафиксированы многочисленные следы сходов небольших селевых потоков. При этом согласно районированию селеопасных территорий [Перов, 1976] горы юга Сибири характеризуются средней степенью селеопасности только на Алтае и Восточном Саяне; а территория Западного Саяна в целом вообще не относится к селеопасным районам.

Изменение естественного селевого режима территории может быть вызвано действием как природных (климатических, тектонических и др.), так и антропогенных (например, открытые разработки полезных ископаемых, заготовка древесины) факторов. Целью настоящей работы является выявление причин возникновения нехарактерных для территории низко- и среднегорных частей хребта Западный Саян опасных гидрологических явлений.

Результаты и обсуждение

Важнейшим природным фактором возникновения и частоты повторяемости опасных гидрометеорологических явлений является увеличение количества осадков, особенно ливневого характера. По данным В.А. Семёнова [Семёнов, 2012] на азиатской территории России интенсивность ливней увеличилась в начале XXI в. При изучении климата Алтае-Саянского региона в качестве количественных характеристик интенсивных осадков использовались следующие индексы, предложенные Всемирной метеорологической организацией: R10 (количество дней с осадками не ниже 10 мм) и max5 (максимум сумм осадков, выпадающих в течение пяти дней подряд, способных вызвать переувлажнение почв и грунтов и как следствие – связанные с ними особо опасные явления). Анализ рядов суточных данных метеостанций, расположенных как в семиаридных, так и в семигумидных условиях рассматриваемого региона за период с 1961 по 2012 гг. [Мосолова и др., 2016] показал, что тренд к незначительному увеличению количества атмосферных осадков выявлен только для внутригорных котловин (метеостанции Минусинской и Тувинской котловин), тогда как в среднегорье, напротив, отмечено их сокращение [Ганюшкин и др., 2015]. В многолетнем ходе максимума 5-дневных сумм осадков прослеживается уменьшение этого показателя на всех рассматриваемых станциях. Таким образом, наблюдающееся в регионе увеличение количества опасных явлений не является климатообусловленным.

Основными морфометрическими характеристиками рельефа, определяющими условия развития селевых процессов, служат абсолютная высота, ярность, глубина и густота расчленения рельефа. В целом на территории Западного Саяна участки высокогорий, занятые каменными или щебнистыми осыпями (гранитов, сланцев, серпентинитов и др.) с отсутствующим или плохо развитым почвенно-растительным



покровом, занимают относительные малые площади. Большая часть среднегорий покрыта лесными ландшафтами с хорошо развитым подлеском и моховым покровом, выполняющими важную регулирующую и противозерозионную функцию: древесная растительность армирует субстрат корневой системой, а лесная подстилка, отличающаяся большой водопроницаемостью и влагопоглощательной способностью, замедляет и уменьшает поверхностный сток, переводя значительную его часть во внутригрунтовый и защищая, таким образом, склоны от размыва. Изменение состояния и структуры почвенно-растительного покрова, оказывающего прямое влияние на режим и параметры стока, является одной из предпосылок изменения условий селеформирования на склонах гор.

Масштабные рубки в горах юга Сибири ведутся уже более полувека; происходит очевидное изменение соотношения условно коренных таёжных и вторичных лесов. Исследования динамики ландшафтной структуры Западного Саяна на юге Красноярского края [Gavrilkina, Zelepukina, 2017] показали заметные изменения структуры таежного пояса: значительное сокращение площадей темнохвойных кустарничково-зеленомошных лесов в среднегорьях и особенно кедровых разнотравных лесов в низкогорьях, которые в настоящее время замещены производными мелколиственными и хвойно-мелколиственными разнотравными лесами, представляющими собой различные стадии послерубочных и постпирогенных сукцессий. Роль вторичных лиственных лесов как регуляторов стока значительно уступает коренным хвойным. Согласно данным [Буренина и др., 2011], в первые годы после рубок до 60 % от суммы атмосферных осадков переходит в сток; суммарная величина стока приближается к исходным характерным значениям коренных насаждений не ранее, чем через 10 лет после рубок.

Кроме того, в силу развития технологии лесозаготовок в последние десятилетия рубкам подвергаются леса на склонах крутизной более 15 градусов, что способствует усилению склоновых процессов. Таким образом, сведение лесных массивов в горах неминуемо сказывается на активности селевых процессов, поскольку эрозия склонов и твердый сток рек находятся в прямой связи с лесистостью бассейна и структурой лесного покрова.

Хотя соотношение лесопокрытых и безлесных территорий в регионе в целом изменилось не значительно, сам факт схождения многочисленных небольших по объему селевых потоков свидетельствует об изменении режима селеопасности. По нашему мнению, в условиях высокой степени антропогенного преобразования таежного пояса показатель «лесистости» при оценке селеопасности территории недостаточно информативен. Более полный учёт локальных факторов формирования и перераспределения стока возможен при использовании соотношения коренных и вторичных лесов [Пряхина и др., 2017].

Последствия изменения режима селеопасности были неоднократно отмечены в низкогорной части северного макросклона Западного Саяна, например, на участке действующей автомобильной трассы «Абаза–Ак-Довурак» (рис. 1). В силу медленно восстанавливающейся стабилизирующей функции леса подобные сели (сформированные на склонах, подверженных промышленным рубкам) отличаются локальным распространением, повышенной повторяемостью и различной величиной селевых выносов, наносящих ущерб инженерным сетям и дорожной инфраструктуре территории. Отметим, что следы опосредованного влияния лесозаготовок на изменение режима селеопасности в Таштыпском районе Хакасии расположены в целом вдали от источников прямого техногенеза – мест добычи руд и песков.



Рис. 1. Примеры схода селевых потоков в бассейне реки Она (фото Гаврилкиной С.А., 2016 г.).

Относительно небольшие размеры (ширина потока, размер селеактивной площади, объём выноса и пр.) не позволяют отнести зафиксированные сели к сейсмогенным при том, что Саяны в целом характеризуются достаточно высокой сейсмической активностью.

Прямое техногенное воздействие на природные системы при проведении горнодобывающих работ в силу высокой интенсивности и масштабности чаще всего приводит к уничтожению не только отдельных элементов, но и ландшафта в целом. При добыче полезных ископаемых открытым способом, помимо полного уничтожения почвенно-растительного покрова, необратимо меняется форма и уклоны долин и склонов, образуются огромные объёмы рыхлого делювиального материала, что способствует резкому увеличению твёрдого стока и возникновению «селевого состояния» на отрезках не селевых рек (рис. 2).

Особую опасность представляет совместное однонаправленное действие нескольких факторов формирования селей. В этом случае возникает угроза не только для объектов инженерной инфраструктуры, но и для жилых построек населённых пунктов. Так, например, ниже по течению от места добычи полезных ископаемых в долине р. Большой Анзас склоны, занятые спелым темнохвойным лесом, разбиты на делянки и размечены под рубки на десятках квадратных километров. Столь масштабное сведение леса на территории одного водосборного бассейна приводит к увеличению поверхностного стока и, учитывая запас имеющегося рыхлого материала, делает территорию потенциально селеопасной даже при незначительных уклонах главного русла реки не только в случае прорыва плотин при горных разработках, но и при затяжных ливнях.



Рис. 2 Разработки открытым способом: трансформированное русло р. Бол. Анзас, хребет Шаман (фото Гаврилкиной С.А., 2016 г.).

В условиях существенной антропогенной трансформации таёжного пояса при оценке селевой опасности территории представляется целесообразным применение комплекса методов смежных дисциплин. Принимая во внимание размах и продолжительность лесозаготовительных работ в горах юга Сибири, в первую очередь необходимо выявить территории с нарушенным или уничтоженным лесным покровом (рис. 3а) в ходе экспедиционных исследований, а также на основе дешифрирования космических снимков, с обязательной характеристикой почвенно-растительного покрова, определяющего стокоформирующие параметры ландшафта. Нарушение стабилизирующей функции леса приводит к усилению денудации, скорость которой напрямую связана с высотой и крутизной склонов. Поэтому для территорий, подвергнутых значительному изменению структуры древостоя в ходе рубок или пожаров, необходим детальный анализ морфометрических характеристик долин водосборных бассейнов (общая площадь и форма бассейна, распределение площадей по высотным интервалам, уклон рельефа на склонах, уклон главного русла, густота речной сети) с применением цифровых моделей рельефа высокого разрешения (рис. 3 б,с).

Кроме того, в пределах водосборных бассейнов, следует определять не только долю лесопокрытой территории, но и соотношение производных и условно коренных лесов, поскольку в условиях высокой степени расчленённости территории летние ливневые осадки хотя и носят очаговый характер, но, выпадая над нарушенными ландшафтами (с возросшим объёмом слабо укрепленного делювия), приводят к образованию новых селевых очагов. Даже спустя 20-30 лет на мелколиственной стадии восстановительных сукцессий стабилизирующая функция леса полностью не восстанавливается. В этой связи следует отметить явную недостаточность проводимых в регионе лесовосстановительных работ.

Заключение

Выявленные следы схода селевых потоков свидетельствуют об изменении селевого режима в низкогорьях и среднегорьях Западного Саяна. Анализ природных и антропогенных предпосылок усиления селевой деятельности показал приоритетное влияние последних. При этом в условиях активной горно-долинной циркуляции формирование селей на склонах средней крутизны является следствием деградации таежного пояса, что вызвано преимущественно многолетними масштабными

лесозаготовительными работами. Таким образом, возникает необходимость в переоценке селевой опасности рассматриваемого региона. Предлагаемый ландшафтно-гидрологический подход к учету критериев селеопасности позволит не только выявить районы, где достаточными превентивными мерами будут лесовосстановительные работы и научно обоснованная организация лесозаготовок (касающаяся в том числе запрета рубок в летний период), но и локализовать участки, где уже остро обозначилась необходимость селезащитных (селезадерживающих и селеотводящих) сооружений.

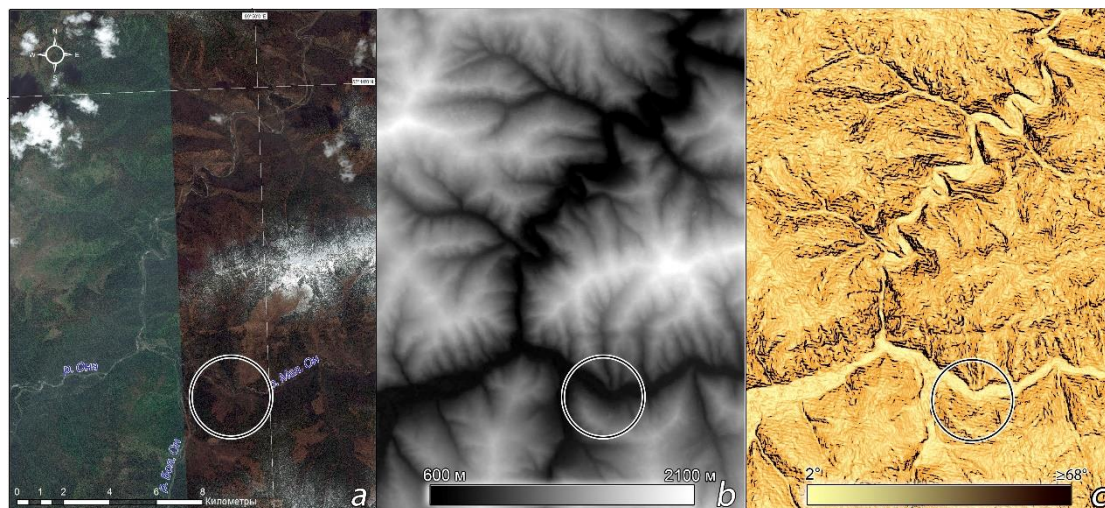


Рис. 3. Применение ландшафтно-гидрологического подхода при оценке селеопасности. а – снимок, б – цифровая модель рельефа, с – модель уклонов (выделен участок сплошной вырубке)

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества (проект № 18.63.99.2017 «Комплексная оценка природно-климатических условий и ресурсных возможностей создания транспортной системы на территории Красноярского края и Южной Сибири»).

Список литературы

- Буренина Т.А., Овчинникова Н.Ф., Федотова Е.В. (2011). Изменение структуры водного баланса на вырубках черневой тайги Западного Саяна. География и природные ресурсы, 1: 92-100.
- Ганюшкин Д.А., Зелепукина Е.С., Гаврилкина С.А. (2015). Прогнозы динамики ландшафтов массива Монгун-Тайга (юго-западная Тыва) при заданных сценариях изменений климата. В мире научных открытий, 4: 273-307.
- Мосолова Г.И., Осипова Т.Н., Пряхина Г.В. (2016). Многолетние изменения индексов экстремальности климата за теплый период года в Алтае-Саянском регионе (Западный Саян, Кузнецкий Алатау). Известия Русского географического общества, 5: 24-33.
- Перов В.Ф. (1976). Районирование селеопасных территорий СССР. Селеопасные районы Советского Союза. Под ред. В.Ф. Перова. Изд-во Московского университета, Москва, 287-293.
- Пряхина Г.В., Зелепукина Е.С., Журавлев С.А., Осипова Т.Н., Амбурцева Н.И., Виноградова Т.А. (2017). Оценка стока с малых горных водосборов методами гидрологического моделирования. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 1: 29-37.
- Семенов В.А. (2012). Климатообусловленные изменения повторяемости и взаимосвязь опасных гидрометеорологических явлений на азиатской территории России. В кн.: Климатология и гляциология Сибири: материалы Междунар. науч.-практич. конф. Томск, 274-276.
- Gavrilkina S., Zelepukina E. (2017). Dynamics of mountain forest ecosystems in the continental sector of Siberia: patterns and reasons. In: 17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Conference proceedings. 17(32): 797-804.