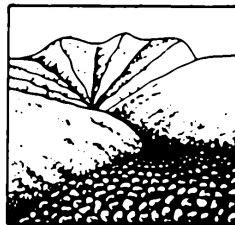


Труды Международной конференции

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г.



Ответственный редактор
С.С. Черноморец

Институт «Севкавгипроводхоз»
Пятигорск 2008

Proceedings of the International Conference

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008



Edited by
S.S. Chernomorets

Sevkavgirovodkhoz Institute
Pyatigorsk 2008

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды Международной конференции. Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец. – Пятигорск: Институт «Севкавгипроводхоз», 2008, 396 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the International Conference. Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008. – Ed. by S.S. Chernomorets. – Pyatigorsk: Sevkavgirovodkhoz Institute, 2008, 396 p.

Ответственный редактор: С.С. Черноморец
Edited by S.S. Chernomorets

Редакция английских аннотаций: К. Маттар и О. Тутубалина
English versions of abstracts edited by K. Mattar and O. Tutubalina

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: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-91266-010-8

© Селевая ассоциация
© Институт «Севкавгипроводхоз»

© Debris Flow Association
© Sevkavgirovodkhoz Institute



Факторы формирования селей на юге Восточной Сибири

В.К. Лапердин

Институт земной коры Сибирского отделения РАН, Иркутск, Россия

Factors of debris flow formation in the south of East Siberia

V.K. Laperdin

Institute of Earth's Crust, Siberian Branch of RAS, Irkutsk, Russia

Дана оценка геологических опасностей и экологического риска для территорий активного и перспективного освоения горных районов юга Восточной Сибири, где строительство любых объектов заведомо требует возведения защитных сооружений от селевых и водных паводков. Потому, что их недоучёт неоднократно привёл к катастрофическим разрушениям полотна дорог, мостов, жилых домов и других сооружений и гибели людей.

The paper deals with the estimation of environmental hazards in the mountainous areas in the south of East Siberia, in view of the active development of the territory. The construction of all kinds of engineering works, residential buildings, roads etc. requires special debris flow protection measures. Underestimation of the debris flow hazard and risks can be the cause of disastrous events, such as damage to roads, bridges, houses, sometimes with casualties.

1 Введение

В истории освоения территории юга Восточной Сибири (ЮВС) ключевыми этапами были строительство Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей. В последнее десятилетие заметно активизировалась добыча полезных ископаемых, и в том числе углеводородного сырья и обозначилась проблема его транспортировки в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. В горных районах ЮВС удобными площадями для освоения являются предгорные шлейфы впадин Байкальского рифта, долины и конуса выноса селеопасных рек, где формирование селей происходит в результате взаимодействия природно-техногенных факторов, сочетание которых определяет их типы (Солоненко, 1960, Астраханцев, 1962; Будз, 1968, Лапердин, 1977).

2 Селеформирующие факторы

- **Неотектонический** фактор характерен незавершёнными до настоящего времени разнонаправленными вертикальными движениями межгорных впадин и обрамляющих их хребтов, сформировавших высокогорный крутосклонный рельеф, с перепадами высот до 1000 м и более, на расстоянии от конусов выноса, до водоразделов 10-30 км. А обилие разновозрастных разрывных деформаций и земной коры, создали крупные региональные разломы (Главный Саянский, Хамар-Дабанский, Джидино-Витимский, Обручевский и т.д.), определяющие участки напряжённого состояния земной коры и могут рассматриваться как потенциальные очаги землетрясений и повышенной опасности развития селей. Для зоны Байкальского рифта типичным является и то, что отдельные впадины и хребты имеют различные скорости поднятий и опусканий, о чем свидетельствуют многочисленные примеры: Так, селеактивные ручьи хребта Хамар-Дабан врезались в свои конуса выноса на 15- 20 м, - Восточного Саяна (в районе вершины Мунку-Сардык) - на 70-80 м, - Баргузина - на 35 - 65 м, - Тункинского и Байкальского - на 20-30 м. Активный перенос огромной массы рыхлообломочного материала произошёл во время таяния ледников сартанского оледенения. Например, конус выноса р. Риты вне-

дрился в Байкал на 1,5 км, несмотря на то, что глубина, по сбросу Обручева, северо-западного берега озера находится в пределах 1000-1300 м.

- **Сейсмический** – определяется высокой активностью и интенсивностью землетрясений, способствующих залповому сбрасыванию большого количества рыхлообломочного материала и накоплению селеформирующих очагов в руслах рек. А наличие сейсмотектонических, сейсмогравитационных и сейсмодислокаций даёт основание констатировать о плотности проявления землетрясений в прошлом и в настоящем, с силой 10 баллов и более (по шкале *msk-64*).

Сейсмические события провоцируют или подготавливают условия для развития селей. Так, при Тасс-Юрхском (18.01.1967 г. *M-7, S-9*) землетрясении, эпицентр которого располагался в бассейне реки Средней Олекмы, мощными вертикальными ударами был «перетряхнут с ног на голову» слой крупноглыбового материала (объем блоков достигал 40 м³). На реках произошло нарушение ледового режима, на склонах образовались обвалы, лавины, а в весной - оползни – сплывы, объёмом до 30 тыс. м³, большая часть которых трансформировались в сели. Сейсмогенный обвал в верховье р. Ангара-кан, перегородив русло реки, создал потенциальную возможность для формирования прорывного селя в районе западного портала Северомуйского тоннеля (Геология и сейсмичность зоны БАМ, 1985).

- **Геологический** фактор характеризуется разнообразием формационно-фациальных особенностей и высокой степенью тектонической раздробленностью коренных пород, а также их физико-механическими и физико-химическими свойствами, по отношению к агентам выветривания. На фоне **глубокого промерзания и широкого распространения многолетнемерзлых пород** формируется различный набор грансостава, от крупнообломочных, до дисперсных грунтов. Наличие мерзлоты в первую половину лета определяют модули стока и устойчивость на склонах продуктов выветривания, в зависимости от увлажнения, землетрясения или их промороженности. С оттаиванием слоя сезонной мерзлоты, сели формируются при количестве осадков превышающих интенсивность влагонасыщения.

- **Климатические условия** на территории ЮВС характеризуются резко континентальным климатом.

В первой половине лета осадки в горах накладываются на сохранившейся снег, а не протаявший слой сезонной мерзлоты препятствует потери фильтрации талых и ливневых вод в грунт и пополнению воды за счет таяния снега и льда. При выпадении осадков большой интенсивности формирование селей возможно на протяжении всего теплого периода года, особенно в бассейнах с площадью водосбора до 20 км². Максимальная месячная и суточная норма осадков наблюдается в июле-августе и составляет 20-50 мм в сутки. С увеличением высоты местности на 100 м количество осадков возрастает в хр. Хамар-Дабан на 47 мм – в интервале высот 465—850 м и 20 мм в интервале высот 850—1442 м, а - хр. Удокан – на 50 мм. Сели формируются при выпадении суммы осадков 100-400 мм и более за дождь. Ливни с интенсивностью 3,0 мм/мин отмечались в Слюдянке (1941 г), Тунке (1952 г.), Хамар-Дабане (1957 г.) и Выдрино (1959 г.). За дождь, прошедший с 7 по 11 августа 1935 г. в прибрежной полосе оз. Байкал в Слюдянке, зафиксировано 133, Танхое – 234, Выдрино – 291 и Хамар-Дабане – 457 мм осадков. Суточные максимумы осадков в предгорной части Тункинских гольцов достигают 80 мм, в прибрежной полосе юго-восточного побережья – 195 мм (пос. Выдрино), в высокогорье Хамар-Дабана – 202 мм.. С 1910 по 1971 год дожди с интенсивностью более 2 мм/мин в перечисленных пунктах наблюдались 12 раз, а с интенсивностью более 1,0 мм/мин – фиксируются почти ежегодно. Важной особенностью режима атмосферных осадков на территории ЮВС является возрастание интенсивности по мере развития ливня. Нередко многосуточные дожди с интенсивностью 0,2–0,3 мм/мин заканчиваются 2–3-часовым ливнем – 1,0 мм/мин и более. Например, 13.07.1949 г. за сутки в Усть-Нюкже (БАМ) выпало 128 мм осадков, а на метеостанции Хамар-Дабан в 1971 году – 250 мм. Вероятность ливневых осадков по годам с суточным количеством 50 мм может быть ежегодной, более 100 мм - один раз в 10 лет, а 200 мм – один раз в 20–80 лет. Эти данные могут быть приняты за основу прогноза селей. В настоящий период селевая активность в регионе заметно снизилась, что подтверждается степенью залесённости конусов выноса. В бассейнах рек скопилось огромное количество рыхло-

обломочного материала, вовлечение которого в потоки способно сформировать катастрофические сели.

3 Селеопасные районы юга Восточной Сибири

Селеопасные районы на ЮВС приурочены к местам пересечения железными дорогами Байкальского рифта и являются: *По Транссибу* - Кругобайкальский участок (хр. Приморский, Хамар-Дабан); *по БАМ* – Кунермо-Гоуджекитский участок (Байкальский хр.); правые притоки р. Верхней Ангары (Верхнеангарский хр.); левые – р. Ангаракан, (Северо-Муйский хр.); правый борт долины р. Муякан и Муи (Южно – Муйский хр.); левый борт долины р. Сьюльбан (хр. Кодар); притоки р.Хани (хр. Удокан); предгорные шлейфы Тункинской впадины (хр. Восточный Саян).

Из перечисленных районов **наиболее селеопасным является юго-западная оконечность Байкала**, где в узкой прибрежной полосе озера проходят жизненно важные артерии для востока России и стран Тихоокеанского бассейна; Кругобайкальский участок Транссибирской магистрали, шоссейная дорога, линии электропередач и связи. Большинство спортивно-туристических и оздоровительных комплексов, гг. Слюдянка, Байкальск, пос. Сухой Ручей и др. подобно г. Алматы, расположены на конусах выноса, в долинах селеактивных рек, представляющих зону повышенной опасности и риска возникновения чрезвычайных ситуаций и возрастающей с каждым годом угрозой развития селей.

Для активно осваиваемой полосы побережья наивысшую опасность представляют грязекаменные потоки, плотностью от 1600 до 2500 кг/м³, наносоводные сели – 1600 кг/м³ и водные паводки. Кроме того, здесь необходима защита объектов от обвалов, оползней-сплывов, снежных и каменных лавин и абразии. Сели высокой плотности на реках Южного Прибайкалья были зафиксированы в 1910, 1915, 1921, 1927, 1932, 1934, 1938, 1952, 1960, 1962 и 1971 годах. А сели принесли наибольший ущерб г. Слюдянке, прошли 28 июня 1934 г и 20 июня 1960 г. В 1971 году по Кругобайкальскому участку шесть дней не ходили поезда, была размыта федеральная трасса, прервана связь. Только официально подсчитанные убытки (по курсу 1971 г.) составили 80 млн. рублей (Лапердин, 1972, 1977). С 1971 по 2007 гг. катастрофические сели в пределах ЮВС не наблюдались и за прошедшие 37 лет в руслах селеопасных рек образовались древесно-каменные заторы. Природа, много лет не напоминая о себе, в какой-то мере способствовала «замораживанию» строительства селезащитных сооружений, например, дамбы в городе Байкальске, а построенные 37 лет назад селезащитные сооружения в настоящее время нуждаются в оценке их пригодности.

Кунермо-Гоуджекитский участок БАМ с западной и восточной стороны Байкальского тоннеля пересекает не менее десятка селеактивных русел. Несмотря на различие в геологическом строении, сели формируются как на западной (гранитоиды), так и восточной части Байкальского хребта (базальты, туфы, песчаники). Следует отметить, что кроме Института земной коры и географии СО АН СССР, здесь проводили исследования МГУ, Гидрометеослужба, Иркутское и Бурятское геологические управления, которые ещё задолго до начала строительства БАМ дали оценку селеопасности территории. К сожалению, проектировщики не до конца учли предостережения, поэтому при первом же паводке на этом участке были закупорены и забиты мостовые ниши, и как следствие, проёмы мостов были увеличены.

В большинстве случаев **причиной образования селей на Северо-Муйском хребте** следует считать выпадение интенсивных осадков, вызывающих формирование оползней - сплывов, трансформируемых в сели, представляющих непосредственную угрозу трассе БАМ. Например, в 1972 году на левом склоне долины р. Ангаракан, в 1 км, слева от врезки западного портала Северо-Муйского тоннеля, на отметке 1200 м, в ледниковых отложениях образовался оползень - сплыв, трансформируемый, по мере движения и водонасыщения, в сели. Подобных селеактивных логов на протяжении 25 км по левому борту от западного портала до р. Кавокты, насчитывается около 20. Формирование селей здесь происходит в среднем раз в 18 лет. Наибольшей селевой опасностью обладают бассейны площадями водосборов 4–5 км², где формируются грязекаменные сели плотностью 2000 кг/м³.

На северном склоне Южно - Му́йского хребта во второй половине лета снег на склонах северной экспозиции на конусах лавин ещё сохраняется. На свободных от него участках протаявший слой грунта приближается к своему максимальному значению (0,5–2,0 м). При выпадении ливневых осадков происходит размыв ледниковых отложений и формирование оползней - сплывов, которые на отдельных отрезках русел образуют грязекаменные сели, аккумулирующие рыхлообломочный материал в руслах, создавая предпосылки для развития водокаменных селей с высокой концентрацией твердой составляющей и периодичностью, раз в 18-30 лет.

Хребет Удокан характеризуется резко расчлененным горно-долинным рельефом со следами оледенения в виде каров, карлингов, трогов, морен. На склонах гор, крутизной 30-45° скопилось огромное количество рыхлообломочного материала. По данным метеостанции Удокан в июле 1964 г. выпало 142,6 мм, в августе – 196,6 мм, а в 1966 г. – 163,7 мм и 111,2 мм, что составляет 30-45% годовой суммы жидких осадков. Почти полному сбрасыванию ливневых вод способствует многолетняя мерзлота. Выпадающие осадки пополняются за счет таяния многочисленных снежников и наледей, сохраняющихся до второй половины августа. В центральной части хребта Удокан развиты водокаменные сели, формирующиеся в зоне распространения песчаников, представляющих тонкоплитчатые породы. В зоне же распространения гранитов русла ручьев завалены крупными глыбами до 3–5 метров в диаметре, селей нет. Селеактивными ручьями являются: Скользкий, Заозерный, Ущелистый, Тектонический, Каменный, Наминга, Розовый, Нирунгнакан, Сангиях, Эмигачи, где повторяемость селей происходит в раз 10–25 лет (Лапердин, 1968).

4 Заключение

В прогнозе селей и защите от них нуждаются многие объекты, расположенные селеопасных районах ЮВС. Из набора данных, определяющих время, место и объем селевой массы, реально прогнозируются только два последних. Кратковременный прогноз селей возможен при наличии данных объема очагов селей. Наиболее оптимальными для прогноза в условиях ЮВС считаются бассейны площадью до 20 км², что объясняется возможностью охвата ливнем. По методу аналогии, на основе имеющихся синоптических данных, требуемых для развития селей возможно определение количества селеформирующих осадков. Так, в 1971 году сели в пределах Южного Прибайкалья сформировались при количестве осадков 200-400 мм за дождь. Для подобных бассейнов выпадение такого количества осадков можно считать критически-селеопасным условием.

Пока одним из селеопасных регионов России является Южное Прибайкалье. Отсутствие карт селеопасных территорий и надлежащего контроля по отводу земель, заведомо нуждающихся в защите от селей, приводит к активному расширению зоны опасности и риска, особенно по побережью озера Байкал.

Список литературы

- Астраханцев В.И. Условия формирования селевых потоков в южной части Восточной Сибири. – Материалы V Всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Баку: Изд-во Азербайджанской ССР, 1962, с. 99-103.
- Будз М.Д., Астраханцев В.И. Сели. – Инженерная геология Прибайкалья. М.: Наука, 1968, с. 108-111.
- Геология и сейсмичность зоны БАМ. Инженерная геология и инженерная сейсмология. Новосибирск: Наука, 1985, 201 с.
- Лапердин В.К. Сели центральной части хребта Удокан. – Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. Чита, 1968, с. 224-227.
- Лапердин В.К., Демьянович Н.И., Тржцинский Ю.Б. Катастрофические паводки 1971 г. и склоновые процессы. – Информационный сборник Института земной коры СО АН СССР. Иркутск, 1972, с. 19-23.
- Лапердин В.К., Тржцинский Ю.Б. Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. Новосибирск: Наука, 1977, 103 с.
- Солоненко В.П. Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири. Иркутск: Кн. изд-во, 1960, с. 88.