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

Sevkavgiprovodkhoz 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: Sevkavgiprovodkhoz 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
© Sevkavgiprovodkhoz Institute

Оценка гипотетического прорыва озера Башкара

Ю.А. Гнездилов, Н.Ю. Красных

Институт «Секавгипроводхоз», Пятигорск, Россия

Assessment of a hypothetical outburst of Lake Bashkara

Yu.A. Gnezdilov, N.Yu. Krasnykh

Sevkavgiprovodhoz Institute, Pyatigorsk, Russia

Рассматривается приледниковое озеро Башкара (Кабардино-Балкария, Россия), потенциальная опасность его внезапного опорожнения, последствия для нижерасположенной долины р. Адыл-Су, сценарий развития события и оценка его параметров. Исходные характеристики селеформирующих пород в расчёте формирования селевого потока и его трансформации при этом приняты по аналогии.

We study the new glacial Lake Bashkara (Kabardino-Balkaria, Russia), and assess the potential hazard of its sudden discharge, consequences thereof for the downstream Adyl-Su valley, scenario of such a development and assessment of its parameters. The initial characteristics of debris flow-forming rocks for the calculation of debris flow formation and its transformation are derived through comparison with other regions.

1 Озеро Башкара

Приледниковое озеро Башкара расположено на высоте 2560 м в верховье долины Адыл-Су, являющейся наиболее крупным притоком р. Баксан в Приэльбрусье Кабардино-Балкарской республики. Оно погружено в высокий моренный пьедестал, возвышающийся на 50–100 м со стороны долины Адыл-Су, но с южной и юго-западной сторон граничит с одноимённым ледником (рис.1). Жизнь моренно-приледниковых и ледниковых озёр непостоянна. Они возникают, развиваются и исчезают. Продолжительность жизни озёр-долгожителей достигает 100–150 лет. Известны и описаны многочисленные случаи катастроф при сходе селевых потоков, возникающих в результате внезапных прорывов высокогорных озёр

В 0,6 км от оз. Башкара ниже по течению ледника у его оконечности находятся ещё три активно развивающихся небольших озерца (рис. 2). К началу 2005 г. их суммарный объём составил 130 тыс. м^3.

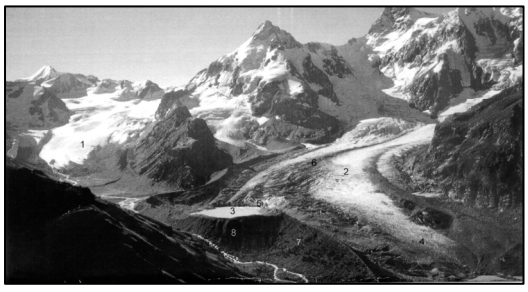

Рис.1.Ледник и оз. Башкара. Фото А.А. Алейникова.

Рис.2 Озёра в оконечности ледника Башкара. Фото Н.Ю. Красных.

Объём воды в оз. Башкара, принятый к расчёту, равен 821 тыс. м^3, максимальная глубина – 32 м, площадь зеркала воды – 66 тыс. м^2.

Потенциально опасным участком прорыва озера является зона, граничащая с ледником. Наиболее вероятен внезапный прорыв озера по внутриледниковому туннелю, а не в результате переполнения и перелива (рис.3).

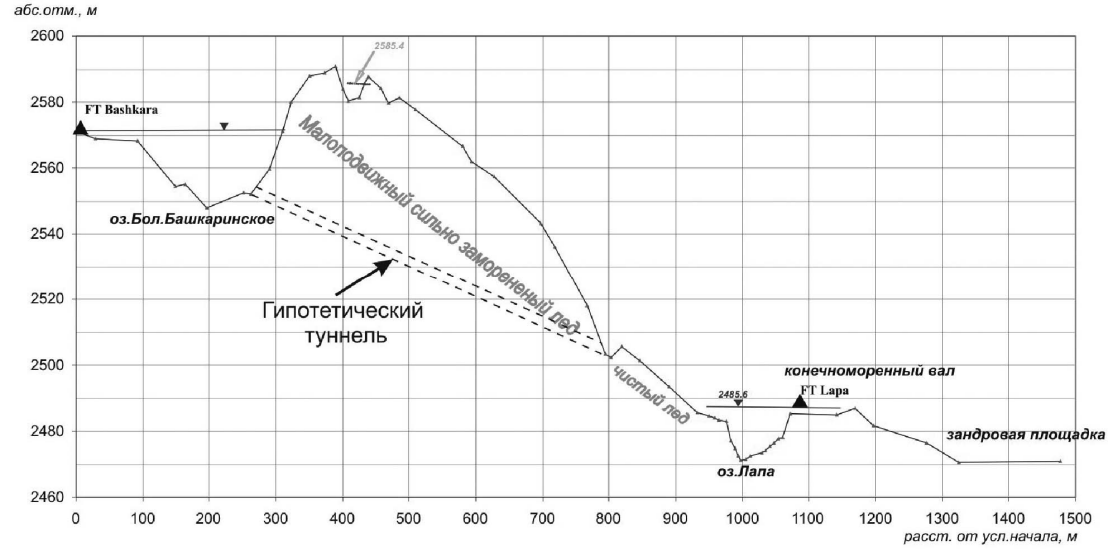

Рис.3. Продольный профиль участка ледника Башкара между оз. Башкара и фронтом ледника по линии наименьших высот поверхности по состоянию на 1-2 октября 2003года (по материалам съемки МГУ).

2 Прорывная волна

Гидрограф прорывной волны при внезапном гипотетическом прорыве оз.Башкара рассчитан по модели Ю.Б. Виноградова (1977 г.) (рис. 4).

Рис. 4. Гидрограф прорывной волны.

При прорыве оз. Башкара нижние озёра будут размыты.

Максимальный расход волны прорыва 123,5 $м^3/с$, достигнет своей величины через 4,5 часа после начала прорыва. Расчётная площадь выходного отверстия внутриледникового туннеля равна 7,1 $м^2$, что соответствует диаметру в 3 м. Скорость истечения из устья туннеля при прохождении максимального расхода должна быть равна 17,4 м/с, но это теоретически. Вот что приведено у Ю.Б.Виноградова (1977) в антологии случаев прорыва озёр о том, что представляет собой ледяной тоннель в гидрологическом отношении: «В одном месте из трещины вода била фонтаном, с оглушительным рёвом поднимаясь надо льдом… Тяжёлые биения… сотрясали грандиозную ледяную толщу… Долина была залита водой. Яростные потоки рвались из-под ледника, с грохотом перекатывая тяжёлые камни, глыбы льда, вырывались изредка вместе с водой и стремительно уносились в хлопьях грязной пены; то в одном, то в другом месте вдруг раздавался грохот обвала. Подмытые водой, рушились своды ледника, закупоривая невидимые туннели. Так вот как выглядит прорыв озера».

3 Селевой поток

Прорывной паводок, размыв нижние озёра и пройдя зандровое поле, обрушится в селевой очаг, расположенный на фронтальном склоне современной морены. Длина очага 420 м, уклон составляет 13,9º. В очаге процесс селеобразования будет протекать по транспортно-сдвиговому типу. Там селевой поток достигнет своей наибольшей величины. Ниже по течению, в долине Адыл-Су, он будет трансформироваться, теряя свою мощь.

Обогащение селевой массы, распад и остановка селевого потока при его движении от очага до расчётных створов является наименее разработанной частью существующих схем расчёта. Это в полной мере отразилось и на результатах расчёта, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчёта параметров селевого потока и его трансформации при гипотетическом прорыве оз. Башкара.

Наименование участка	Характеристика очага или русла			Расчетные характеристики селевого потока по двум моделям			
	α, град	Δl, м	$B_{ср}$, м	Q_c, $м^3/с$	G, $м^3/с$	γ, $кг/м^3$	W_c, тыс. $м^3$
Туннель	6,4	550	-	124	-	1000	764
Зандровое поле	3,6	480	-	134	7,2	1130	880
Селевой очаг	13,9	420	-	420/412	250/243	1994/1988	2960/-
Русло Адыл-Су	4,9	580	120	387/213	220/73	1950/1577	2760/-
Русло Адыл-Су	7,2	400	98	367/183	204/56	1925/1420	2620/-
Русло Адыл-Су	5,2	550	112	340/168	180/40	1886/1340	2420/-
а/л Джан-Туган	6,9	830	50	322/184	163/55	1848/1410	2360/-
а/л Эльбрус	4,9	1740	80	274/164	122/35	2008/1300	2010/-
а/л Шхельда	4,2	680	80	257/156	108/27	1704/1250	1890/-
Устье р.Шхельда	4,1	700	40	249/166	94/28	1630/1240	1980/-
Устье р.Адыл-Су	2,5	1900	60	221/115	70/16	1522/1150	1755/-

Примечание. Обозначения в таблице: α – уклон, Δl – длина участка, $B_{ср}$ – средняя ширина дна долины, соответствующая уровню высотой 5 м. Q_c и G – максимальные расходы селя и твердого материала; γ – плотность селевого потока, W – суммарный объем селевого потока (в числителе: расчетные величины по модели Ю.Б. Виноградова, 1985; в знаменателе – по упрощенному алгоритму Б.С. Степанова, 1985).

Из таблицы видно, что максимальный расход селя и его характеристики, вычисленные по двум моделям, близки между собой и отвечают допустимой точности. При этом, почти в два раза отличаются расчётные характеристики селевого потока при продвижении его по долине Адыл-Су.

Селевой поток – сложный многогранный процесс. При его движении происходит почти непрерывно обогащение и отложение селевой массы. В нашем случае, при выходе из селевого очага селевой поток, имея расчётный максимальный расход 412–420 $м^3/с$

и плотность 1988-1994 кг/м^3, трансформируется к устью р. Адыл-Су в наносоводный поток с расходом 115–221 м^3/с и плотностью 1150–1522 кг/м^3.

4 Долина Адыл-Су

Особенностью долины является перегруженность её дна материалами горной денудации. Дно долины завалено горными обломками, материалом обвалов и эрозии снежных лавин, но более всего речными и селевыми отложениями. На расширенных участках дна, имеющих выположенные уклоны, хаотично нагромождены останцы древних и современных селевых валов, разбросаны эрратические глыбы (4-5 м). Такое состояние долины обусловлено наличием мощного оледенения, достигающего почти четверти водосборной площади бассейна и сравнительно небольшим уклоном дна (0,076).

Населённых пунктов в долине Адыл-Су нет. Там находятся лишь три благоустроенных альпинистских лагеря с необходимой инфраструктурой. То, что селевой поток, продвигаясь от очага по руслу Адыл-Су, теряет свою мощность, не должно добавлять оптимизма по поводу катастрофических разрушений. Впечатляет расчётный объём селевого потока – 2,4 млн. м^3 в створе у альплагеря Джан-Туган. Расчёт показывает, что на участке от лагеря Джан-Туган до альплагеря Шхельда протяжённостью 3,2 км, потери объёма составляют 535 тыс. м^3, учитывая, что средняя объёмная концентрация твёрдого вещества в потоке на этом участке равна 0,48, то отложения селевой массы составят 257 тыс. м^3. При средней ширине дна долины на этом участке 80 м, слой отложений будет равен 1 м, но это в идеале при ровной поверхности.

Дно долины Адыл-Су со своим сравнительно небольшим уклоном -0,076 (4,9º) по существу являлось селевым конусом выноса. И в настоящее время имеются участки с выпуклым поперечным профилем, как у типичного конуса выноса, а ведь поведение селевого потока на конусе выноса непредсказуемо. Вероятнее всего, процесс прохождения селя будет осуществляться отдельными сериями волн, следующих друг за другом с небольшими временными промежутками. Процесс будет сопровождаться мощными русловыми трансформациями. Разрушительное действие будет зависеть не только от расчётного уровня селевого потока, но, прежде всего и более всего от мощности руслового процесса – преобразования русел и дна долины. Разгрузка долины ждёт своего часа.

5 Комментарий

Потенциальная опасность внезапного опорожнения оз. Башкара существует, так как жизнь приледниковых озёр недолговечна. Из-за недостаточной изученности экологии озера не следует считать, что для внезапного прорыва отсутствуют необходимые условия. Для более корректной оценки возможности прорыва необходимо в первую очередь определить наличие погребённого льда под осыпным моренным валом, отделяющим правый борт ледника от юго-западного уреза озера, а также в устье ручья , стекающего по морене с ледника на южной границе озера с ледником.

При расчёте селевого потока и его трансформации все исходные характеристики селеформирующих грунтов приняты по аналогии данным исследований МГУ, проведённым в бассейне р. Каяарты – притоке р. Герхожан в 1963 г., а также материалы изысканий «Севкавгипроводхоза».

Список литературы

Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977, 155 с.

Виноградов Ю.Б. К методике расчета характеристик селевых потоков. – Труды Государственного гидрологического института, вып. 304, 1985, с. 83–89.

Руководство по изучению селевых потоков. Под редакцией Ю.Б. Виноградова и Т.Л. Киренской. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1976.

Степанов Б.С. Основные характеристики селевых потоков и селевой массы. Методы измерений. Труды Казахстанского научно-исследовательского гидрометеорологического института, вып. 79, 1982, с. 136.