

МОРФОДИНАМИКА ГОРНОГО БАСЕЙНА ПОСЛЕ СЕЛЕВОЙ КАТАСТРОФЫ

Крыленко И.В.^{1,2}, Петраков Д.А.^{1,2}, Тутубалина О.В.^{1,2}, Черноморец С.С.²

¹ Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,

² Университетский центр инженерной геодинамики и мониторинга (УЦИГМ), Москва

Селевые потоки, наблюдающиеся практически во всех горных системах, являются одним из важных факторов формирования рельефа. Катастрофические сели изменяют направленность и интенсивность экзогенных процессов, преобразуют горные ландшафты, могут кардинально преобразовывать существующие и образовывать новые формы рельефа. Основной целью данной работы стало исследование изменений рельефа и динамики экзогенных процессов в результате селевой катастрофы на примере бассейна Герхожан-Су в Кабардино-Балкарии (Центральный Кавказ). Бассейн является источником периодических катастрофических селей, наносящих значительный ущерб городу Тырнаузу. За время существования города, разрушительные селевые потоки отмечались в 1937, 1960, 1961, 1962, 1977, 1999 и 2000 годах. Сели 18-25 июля 2000 года оказались наиболее катастрофическими за всю историю Тырнауза. Полностью разрушены несколько многоквартирных домов, погибли люди. При впадении реки Герхожан-Су в реку Баксан, произошло образование подпрудного озера, и центральная часть города была затоплена на протяжении более двух месяцев.

Оценка современного геодинамического состояния бассейна Герхожан-Су проведена на основе данных маршрутных и стационарных исследований в июле-сентябре 2000 г. и июне-августе 2001 г., анализа цифровых аэроснимков сентября 2000 г. и материалов отчетов и публикаций прошлых лет. Проводились повторные фото- и цифровые наземные съемки, фототеодолитная съемка селевых очагов и периферии ледников, съемки поперечных профилей, полустационарные метеонаблюдения, обследования состояния очагов селеформирования.

Район исследований. Бассейн реки Герхожан-Су, правого притока р. Баксан, занимает площадь около 72 км². Высшая точка бассейна имеет высоту 4149 м, высота истока Каяарты-Су около 3400 м, устье находится на высоте 1234 м. Собственно Герхожан-Су начинается после слияния двух ее составляющих – рек Каяарты-Су и Сакашили-Су. Все сели, достигавшие города в 2000 г., зарождались в верховьях Каяарты-Су. В верховьях долины Каяарты-Су преобладают альпинотипные формы рельефа, ледники занимают здесь 3,6 км² (18 % от площади водосбора). Источником жидкой составляющей селей служат воды реки Каяарты-Су, питание которой в летний период обеспечивается таянием ледников Западный и Восточный Каяарты, а также дождевыми осадками. Главным источником твердого материала для селей является комплекс исторических морен ледников Каяарты.

Структура бассейна и его части. Для удобства описания, селевой бассейн Каяарты-Су – Герхожан-Су разделен на три части: 1) Приледниковая зона формирования катастрофических селей. На участке протяженностью около 4 км расположены языки ледников Западный и Восточный Каяарты, у периферии которых на зандровых полях формируются небольшие сели, наносоводные паводки, водоснежные потоки. Ниже зандров находится селевой каньон (зона катастрофических разрушений) с примыкающим каменным глетчером. Ниже каньона, потоки проходят поле аккумуляции протяженностью около 1 км, задерживающее часть твердой составляющей селей. 2) Зона формирования единого нового селевого вреза 2000 г., наложенного на участки вреза и аккумуляции предыдущих лет. В пределах зоны имеются два ущелья со скальным днищем – верхнее и нижнее, протяженностью в сотни метров. 3) Конус выноса Герхожан-Су и участок аккумуляции герхожанских селей в долине Баксана ниже устья.

Динамика приледниковой зоны после формирования катастрофических селей 18-25 июля 2000 года. Первичным импульсом к возникновению селей могла быть волна дождевого паводка, наложившаяся на высокий ледниковый сток, или резкая разгрузка ледниковых полостей. В пользу второго предположения свидетельствует наличие ледникового грота, расположенного в 150 м выше окончания языка ледника Западный Каяарты у его правого края. Ниже него отмечен врез длиной 80 м, по контакту с мореной отмечены фрагменты селевых террас. В 50 м выше конца

языка поток уходил в крупную каверну, разгружался подо льдом от твердого материала и выходил из нижнего грота в виде волны мощного водного паводка с расходом до 3-4 м³/с.

Формирование селя 18.07.2000 г. привело к нарушению устойчивости правого борта селевого каньона. Началось массовое отседание, обрушение блоков грунта и запруживание русла с формированием в течение недели многочисленных волн селей. Глубина и ширина каньона увеличились более чем в 2 раза, а его объем вырос более чем на 0,5 млн. м³.

В период с сентября 2000 г. по август 2001 г. года активность экзогенных процессов, вызванных сходом катастрофических селей, оставалась высокой. Регрессивная эрозия привела к формированию нового оврага в верхней части каньона в начале августа 2001 г. Наиболее значительные изменения произошли в средней части селевого каньона. Суммарное отступление бровок за весь период по данным измерений на восьми закрепленных поперечных профилях, последовательно расположенных сверху вниз вдоль селевого русла, достигало 12,0 м (табл. 1). Отрицательные значения в табл. 1 связаны с погрешностями измерений и с движением бровок, вовлеченных в процесс блокового отседания бортов каньона. На отдельных участках развития новых боковых селевых врезов (вне закрепленных профилей) отступление превысило 20-25 м.

Табл. 1. Динамика положения бровок селевого каньона (в метрах)

Поперечный профиль	26.09.2000 – 06-08.07.2001		06-08.07.2001 – 27.08.2001	
	левый борт	правый борт	левый борт	правый борт
МГУ П9 2000	0,2	0,0	0,0	0,0
МГУ П8 2000	0,1	0,1	0,3	0,0
МГУ П7 2000	0,9	0,3	-0,1	-0,3
МГУ П6 2000	0,6	0,4	0,2	-1,0
МГУ П5 2000	2,5	3,6	-0,1	1,1
МГУ П4 2000	3,4	3,3	0,5	1,0
МГУ П3 2000	8,0	5,0	0,6	7,0
МГУ П2 2000	-0,3	0,6	-0,2	0,2

Материал выносился со стенок путем осыпания, обваливания и оползания отдельных блоков. Моренный комплекс, расположенный по бортам каньона, имеет признаки активизации. В июле 2001 года на его поверхности отмечены трещины шириной до 0,2 м, террасы отседания и валики напора высотой до 1,2 м, и другие признаки движения. Каменный глетчер, расположенный в сентябре 2000 г. в 10 м от бровки левого борта каньона, активизировался и летом 2001 г. подошел вплотную к бровке. В левом борту каньона образовался цирк с выходами погребенного льда, вытаивание которого приводило к образованию оплывин и склоновых микроселей.

Практически ежедневно, на протяжении полутора месяцев (с первых чисел июля до 22 августа 2001 г.) в днище каньона отмечалось образование микроселей примерно с 12 до 18-19 часов. Видеодокументация и повторные фотосъемки показали, что микросели формируются в виде волн при размыве наносоводным потоком морен, осыпей и селевых террас. В течение часа можно наблюдать до 5-8 волн продолжительностью от 1 до 5 минут. Через десятки, реже сотни метров, при небольшом уменьшении уклона, селевая масса сбрасывается до следующей волны.

Формирование единого селевого вреза. Наиболее заметное отличие селей 2000 г. от всех документально зафиксированных случаев схода селей в долине – катастрофическое врезание русла. Был полностью уничтожен доселевой русловой рельеф, на протяженных участках произошло изменение планового положения русла. В русле на многих участках вскрыты скальные породы. Наиболее интенсивная эрозия отмечена на центральном участке нового руслового вреза, между верхним и нижним скальными ущельями. Вынос твердого материала составил здесь около 1400 м³ на один погонный метр. Общий объем выноса твердого материала при формировании нового селевого русла оценивается более чем в 3,1 млн.м³ (без учета материала, поступившего при обрушениях в нижнем ущелье и с оползня Бузулган).

Подрезание сложенных рыхлыми моренными отложениями склонов в процессе прохождения селей в 2000 г. происходило в пределах верхнего и среднего расширений днища и,

наиболее активно, на входе в нижнее ущелье. Здесь был активизирован крупный оползнево-осыпной массив по правому борту долины. Ниже по течению произошла значительная активизация примыкающего к руслу оползня Бузулган.

В течение последующего года, на участке нового вреза происходили процессы осыпания и оползания склонов. Практически весь склоновый материал выносился рекой. При обрушении морен в среднем течении формировались отдельные наносоводные паводки (например, 11 июля 2001 г.), но движение потока не приобретало селевого характера.

Аккумуляция на конусе выноса Герхожан-Су в пределах города Тырнауза. На выходе реки Герхожан-Су в долину Баксана произошло формирование селевого конуса выноса площадью около 0,7 км² и длиной более 2 км. Объем аккумуляции селевой массы составил более 2 млн. м³. Отложения селевых потоков 2000 г. полностью перекрыли конусы выноса прошлых лет и заняли все днище долины Баксана, захоронив его русло в пределах конуса на 2-15 м. Грязекаменные массы затопили и сгладили неровности рельефа. Общее увеличение отметок поверхности достигало 15-18 м. Произошло заложение новых, невыработанных русел рек Герхожан-Су и Баксан, контуры которых не согласуются с плановыми очертаниями доселевых русел. Длина реки Герхожан-Су увеличилась более чем на 1 км. Левый берег реки Баксан под воздействием селевых валов был размыв на участке протяженностью более 400 м и отступил на 5-15 м.

После сентября 2000 г., проведены работы по восстановлению и расширению селепропускного лотка, частично разрушенного и занесенного селями. Для понижения отметок уровня р. Баксан, на конусе был создан прокоп, позволивший обеспечивать транспортировку поступающих из бассейна Герхожан-Су наносов вниз по руслу Баксана.

Анализ динамических изменений и возможное развитие процессов в бассейне. При сходе селей в июле 2000 г. произошло быстрое образование глубокого вреза в толще моренных и селевых отложений, длительное время накапливавшейся вдоль русла. В будущем возможен частичный перехват стока в пределах приледниковой зоны и перестройка литодинамических зон селевого бассейна. Участки селевых каньонов могут оказаться брошенными, а разрушение насыщенного погребенными льдами моренного комплекса будет происходить по другим каньонам на соседних участках.

За последние десятилетия прослеживается тенденция к увеличению высоты зоны зарождения селей. По мере отступления ледников, селевые очаги перемещаются вверх по долине. В процесс вовлекаются новые поверхности, где в недавнем прошлом находились языки ледников. Основными способами смещения очагов служат образование новых источников селеформирования на площадях, освободившихся ото льда, и регрессивная эрозия отвершков селевого каньона.

По-новому необходимо рассматривать вопрос о развитии микроселей в приледниковой зоне. Вопреки сложившемуся мнению о селе как о редком разрушительном явлении, наши наблюдения показывают, что небольшие сели, не доходящие до устья реки, являются нормальным ежедневным механизмом транспортировки наносов в период таяния ледников и массивов погребенного льда.

В средней части долины, можно прогнозировать тенденцию к постепенному расширению и заполнению образовавшегося вреза рыхлыми отложениями на участках выполаживания дна долины. Плановые деформации русла теперь на длительное время будут ограничены днищем послеселевого вреза. В случае возникновения катастрофических селей, скорость их движения резко возрастет. На подходе к городу они могут обладать большей кинетической энергией, нежели сели 2000 года.

По размерам хозяйственного ущерба, бассейн Герхожан-Су является, по-видимому, самым значительным селевым объектом в Российской Федерации. Последствия схода селевых потоков проявляются на территориях, значительно превышающих по площади этот бассейн. Представляется, что комплексная оценка влияния катастрофических селей на природные системы - одна из важных задач исследований горных стран. Ее решению будет способствовать организация постоянного мониторинга селевых потоков в бассейне Герхожан-Су.

Работы выполнялись при поддержке РФФИ (гранты № 00-15-98505 и 01-05-64010).