

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.435.174(282.254.4)

© 2002 г. А.Л. БОГОМОЛОВ, Н.Н. ВИНОГРАДОВА, Б.Н. ВЛАСОВ,
И.В. КРЫЛЕНКО, Р.С. ЧАЛОВ

**ВЛИЯНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СЕЛЕЙ В г. ТЫРНЫАУЗЕ
НА РУСЛО р. БАКСАН¹**

Влиянию селей на русловые процессы горных рек, соотношению работы русловых и селевых потоков посвящены единичные работы [1–3]. Хотя селевые русла включены в морфодинамическую классификацию речных русел [4], а сами сели – объект постоянного внимания исследователей и специалистов, можно констатировать, что остаются невыясненными механизм и степень переработки речным потоком селевых выносов, дальность их переноса и самое главное характер изменения русловых процессов под влиянием селей. Между тем выносимые селями в большие реки массы обломочного материала способны настолько значительно изменить их русла, что оценка воздействия селей на русло реки и прогноз последующих деформаций нередко приобретают практическое значение, поскольку определяют условия хозяйственного освоения речных долин.

С 18 по 24 июля 2000 г. в г. Тырныаузе на правом притоке Баксана реке Герхожансу прошло несколько мощных грязекаменных селей, приведших к гибели людей, разрушению жилых домов, инженерных сооружений и коммуникаций. Селевыми отложениями было перекрыто дно долины Баксана в полосе шириной > 400 м. Выше запруды уровень воды в Баксане повысился более чем на 6 м, затопив значительную часть территории города и шоссе, по которому осуществляется связь с Приэльбрусьем. Образовавшийся в зоне подпора водоем за лето 2000 г. был почти полностью занесен гравийно-галечными и песчаными наносами Баксана. Произошло существенное изменение продольного профиля реки. Выше водоема аккумуляция наносов стала распространяться регрессивно, повышая отметки дна русла: селевая запруда начала постепенно размываться, а наносы выноситься на нижележащий участок реки, т.е. началась направленная интенсивная трансформация продольного профиля под влиянием вертикальных русловых деформаций. Кроме того, произошел размыв противоположного притоку левого берега Баксана, сопровождавшийся разрушением инженерных коммуникаций и садовых участков.

Река Баксан берет начало на стыке Главного Кавказского (Водораздельного) и Бокового хребта и впадает в р. Малка – левый приток Терека. Площадь водосбора 6800 км², относительное оледенение бассейна 2,5%. Длина реки 173 км. Баксан принимает большое количество притоков, многие из которых селевые. Густота речной сети 0,5–0,6 км/км². В верхнем течении (до с. Заюково) Баксан протекает в глубокой долине с чередованием расширений и узких V-образных ущелий [5]. Современное русло реки преимущественно врезанное, стеснено скалами и конусами выносов притоков. До выхода в предгорья, в том числе и у г. Тырныауза, это типично горная река со сложным чередованием участков с разными типами русел из-за многочисленных перегибов продольного профиля, обусловленных не только сменой литологии подстилающих пород и четковидностью долины, но и конусами выноса селевого материала

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 00-05-64690 и 01-05-64010) и ОАО "Севкавгипроводхоз".

из притоков. Подобные перегибы продольного профиля иногда выделяют [1] в качестве характерных русловых форм; в то же время они свидетельствуют о ярко выраженной невыработанности продольного профиля реки [6].

Непосредственно выше г. Тырнауза находится Эльджуртинская теснина – участок пересечения Баксаном Передового хребта (здесь он называется Тырнаузским). Долина реки представляет собой глубокое ущелье с шириной дна не более 200 м и относительной высотой крутых скальных склонов 1500–1800 м. Борта долины здесь сложены сильно дислоцированными метаморфическими породами палеозоя (кристаллическими сланцами, гнейсами, кварцитами), местами встречаются гранитные интрузии. Русло Баксана порожиисто-водопадное (по [4, 7]), сложено крупным валунистом, ширина его не превышает 30 м. Ниже теснины долина Баксана образует довольно широкую Нижнебаксанскую котловину. В ее пределах днище долины расширяется до 400–700 м, склоны несколько выполаживаются, большей частью задернованы. В верхней части котловины в долине Баксана выделяются разновысотные фрагменты аллювиальных террас, образовавшихся при деградации последнего позднечетвертичного оледенения (послехвалынское время). Высота террас и их количество постепенно увеличиваются от выхода из теснины по течению. У подножия склонов террасы перекрыты шлейфами делювиально-пролювиальных склоновых отложений. Современная река сформировала обширную галечниковую пойму. При впадении в Баксан река Герхожансу образует селевой конус выноса, расположенный примерно в 3,5 км ниже выхода Баксана из Эльджуртинского ущелья. Форма конуса вытянутая, что отличает его от большинства конусов выноса других селевых притоков, имеющих, как правило, лопастевидную форму. Такая форма конуса выноса и его длина (более 2 км) определяются как морфологией долины Баксана, так и колоссальными объемами выносов твердого материала из бассейна р. Герхожансу (табл. 1).

Город Тырнауз расположен на обоих берегах Баксана, начинается от выхода из теснины и протягивается вдоль реки на 6 км, занимая все днище долины. Наиболее крупные жилые и административные районы города расположены непосредственно на конусе выноса р. Герхожансу.

Сток Баксана и его притоков формируется при значительной доле талых ледниковых и снеговых вод, что обуславливает продолжительное половодье в весенне-летний период, на которое накладываются дождевые паводки. По водному режиму Баксан относится к рекам с летним половодьем гребенчатого вида с максимумом в июле, осенним спадом и устойчивой зимней меженью [9]. Во время растянутого и сильно расчлененного половодья с апреля-мая до сентября-октября проходит более 80% годового стока (г.п. Тырнауз). При этом наибольший сток (до 30% от годового) наблюдается в июле или августе. Наивысшие уровни и максимальные расходы воды приходятся на самый теплый период (июль-август). Наибольший расход воды обеспеченностью менее 5% на г. п. Тырнауз отмечался 11 июля 1986 г. и составлял 205 м³/с. После прохождения половодья начинается спад уровней, сменяющийся устойчивой зимней меженью. В осенне-зимний период (сентябрь – февраль) доля стока сокращается до 22–33%. Минимальные расходы воды приходятся, как правило, на февраль или март, когда практически полностью отсутствует поверхностный сток с водосбора и источник подземный. Наименьшие значения стока отмечаются, как правило, в феврале (1,4–2,9% от годового). В весенний период (март-апрель) доля водного стока составляет 2,6–4,0%.

Средний многолетний минимальный расход (4,26 м³/с) более чем на порядок меньше среднего максимального (134 м³/с). Однако годовая амплитуда уровней невелика и редко превышает 2 м. Среднегодовой годовой расход воды 23,7 м³/с. Годовой сток характеризуется незначительной изменчивостью: коэффициент вариации среднегодовых расходов воды 0,13.

Сток взвешенных наносов отличается значительно большей изменчивостью. Коэффициент вариации среднегодовых расходов взвешенных наносов р. Баксан (г.п. Заюково в 43 км ниже г.п. Тырнауз) 0,65. Наибольшая доля стока взвешенных наносов проходит в летний период (84–89%), причем за июль-август она может составлять до 80% от годового. Максимальные расходы взвешенных наносов могут более чем на два порядка превышать среднеемноголетние годовые, а максимальная мутность достигать десятков тысяч г/м³. В осенне-зимний период сток наносов сокращается до 9–13%, минимальная его доля наблюдается в феврале или марте (0,0%). Весной сток наносов ничтожно мал – 1,6–2,6% от годового. По данным ОАО "Севкавгипроводхоз" расчетные среднеемноголетние значения расходов взвешенных и влекомых наносов р. Баксан у г. Тырнауза составляют соответственно 23,2 и 9,5 кг/с.

Большие скорости течения, превышающие на пике половодья 3,5 м/с, и малые глубины (< 2 м) способствуют перемещению больших масс рыхлообломочного материала, образующегося в результате размыва русла и берегов, а также поступления наносов из селевых

Наиболее выдающиеся сели в бассейне р. Герхожансу и их воздействие на русло р. Баксан
(по данным И.Б. Сейновой, 1997 [8])

Время схода селей	Объем твердого материала, отложенного на конусе, тыс. м ³	Общий объем твердого материала, вынесенного из бассейна, тыс. м ³	Общий объем селевого выноса с учетом водной составляющей, тыс. м ³	Продолжительность селей	Последствия в русле Баксана
80–90-е годы XIX в.	–	–	–	–	Перекрыт Баксан, сформировано подпрудное озеро, затопившее пойму или нижнюю террасу
11.08.1937 г.	–	–	–	–	Перекрыт Баксан, сформировано подпрудное озеро, сохранявшееся в течение одного дня
1.08.1960 г.	210–250	400	800	1–2 ч	Подпружено русло, смещение русла в плане
14.08.1961 г.	180	~ 300	600	2 ч	–
31.07.1962 г.	110	~ 180	360	1,5 ч	–
11.08.1977 г.	200	~ 1500	3000	> 6 ч	Подпружено русло, основная часть селевого материала транспортирована вниз по реке
20.08.1999 г.	~ 1000	–	–	–	Сель достиг левого берега Баксана. Плановые деформации русла и размыв высокого левого берега
3* 18–19, 21, 24–25 июля 2000 г.	> 2000	> 3200	4000–7000	Четыре серии из множества отдельных волн	Перекрыт Баксан, сформирована мощная селевая запруда. Возникли обширное подпрудное озеро и зона интенсивной аккумуляции речных наносов. Активные переформирования русла. Значительный размыв высокого левого берега

притоков. Среднегодовые модули стока взвешенных и влекомых наносов (г.п. Тырныауз) равны соответственно 870 и 360 т/км².

Руслоформирующие расходы воды Баксана (г.п. Тырныауз), рассчитанные по методике Н.И. Маккавеева [10], имеют обеспеченность среднесуточных расходов 1,5–13,5% (нижний интервал), 0,05–0,08% (средний интервал) и < 0,01% (верхний интервал). Руслоформирующие расходы нижнего интервала соответствуют расходам воды, наблюдающимся на протяжении большей части летнего половодья практически ежегодно (60–100 м³/с). Они проходят в пределах бровок русла и соответствуют переформированиям грядовых форм руслового рельефа. Средний интервал руслоформирующих расходов соответствует максимальным расходам половодья повторяемостью 1 раз в 5–7 лет (160–170 м³/с), когда вода достигает бровок русла и полностью выходят затоплены русловые отмели и побочни. В это время интенсивно размываются пойменные берега, возможны значительные деформации русла – смещение крупных гряд, разработка новых рукавов и т.д. Верхний интервал руслоформирующих расходов соответствует выдающимся максимальным расходам половодья повторяемостью 1 раз в 20–30 лет (> 200 м³/с), которое наблюдается при наложении на пик летнего талого стока дождевых и послеселевых паводков. Его прохождение сопровождается выходом воды на пойму, смещением крупного руслового аллювия, нарушением отмытки и интенсивными деформациями русла.

Степень влияния селей на русловой режим Баксана зависит от сочетания селевого режима притоков и режима стока воды и наносов Баксана. Документально сход селевых потоков по р. Герхожансу фиксируется со второй половины XX столетия. Однако в литературе и фондовых материалах есть упоминания и о более ранних случаях схода селей (табл. 1). Практически каждый сель с объемом выноса > 200–300 тыс. м³ достигал русла Баксана и хотя бы на короткое время перегораживал его. Крупнообломочный селевой материал (в грязекаменных отложениях селей из р. Герхожансу доля фракций размером > 10 см составляет 20–35%) почти не перемещается рекой, что приводит к направленному повышению отметок дна Баксана против конуса выноса Герхожансу после каждого селевого потока достигшего русла. Продольный профиль Баксана имеет здесь выпуклую форму с резким перегибом по оси долины Герхожансу (рис. 1), что свидетельствует о длительном влиянии на развитие русла селевой деятельности в бассейне притока. В результате прохождения катастрофических селей 2000 г. перегиб продольного профиля стал еще более выраженным за счет одновременного повышения отметок русла Баксана в пределах селевой запруды на 5–10 м.

Под воздействием интенсивных и регулярных на протяжении веков селевых выносов из Герхожансу на Баксане в районе г. Тырныауза сформировалось три характерных участка, различающихся по уклонам, морфологии русла и особенностям русловых процессов. Общая их протяженность > 8 км. Выше по течению воздействие селей из Герхожансу на русло Баксана не распространяется, русловой режим здесь определяется деятельностью потока самого Баксана, хотя некоторое влияние на развитие этого "входного" участка оказывает селевая деятельность вышележащих притоков – левобережных Большого и Малого Мукулана и правобережного Тютюсу. Однако в условиях повышенной транспортирующей способности Баксана (большие уклоны русла в сужении долины) и относительно слабой современной селеактивности притоков материал селевых выносов, поступающий в Баксан, быстро выносятся за пределы участка, не образуя значительных аккумулятивных русловых форм.

Продольный профиль Баксана на "входном" участке ниже устья р. Тютюсу длиной 3,25 км имеет практически прямолинейную форму. Многолетняя фоновая тенденция развития русла – слабое врезание. Уклоны реки 10–15‰. В русле встречаются узкие и вытянутые побочни (гряды), сложенные средними и мелкими валунами. Все ложе реки покрыто аллювиальной отмыткой с преобладанием средних валунов, массовое смещение которых возможно лишь при прохождении руслоформирующих расходов воды верхнего интервала. В целом русло классифицируется как горное с развитыми аллювиальными формами [4], врезанное, слабоизвилистое. Поперечное сечение русла параболическое, отношение ширины к глубине < 10. Местами прослеживаются фрагменты узкой, не более одной ширины русла, поймы высотой над меженным урезом 3–4 м. Русло характеризуется относительно слабыми горизонтальными (размываются только пойменные берега) деформациями.

Первый Тырныаузский участок, где формирование русла находится под влиянием селей из Герхожансу (1 на рис. 1), располагается выше селевого конуса р. Герхожансу на выходе Баксана в расширение долины. Его протяженность ~ 3 км (3,25–6,10 км от устья р. Тютюсу). Многолетняя фоновая тенденция развития русла – аккумуляция, связанная с влиянием селевой деятельности Герхожансу, создающей условия подпора, на это накладывается выход реки из ущелья в Тырныаузском хребте в межгорную депрессию. Последнее обуславливает распластывание потока и изменение формы транспорта наносов. Наносы, которые выше по течению

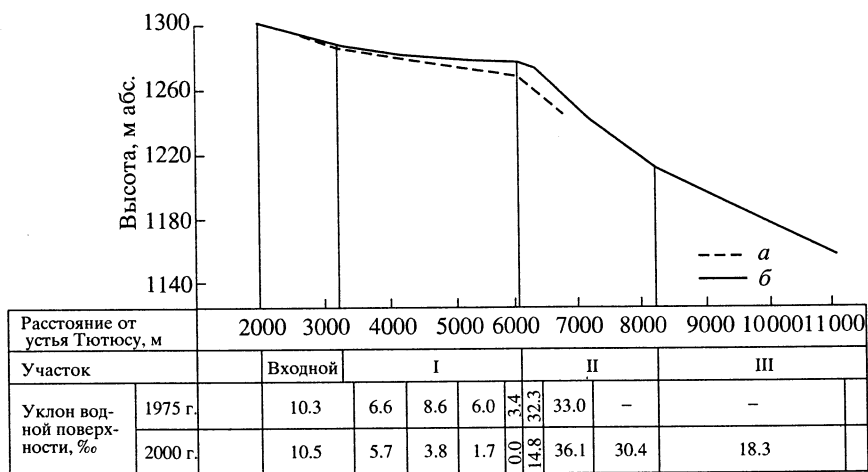


Рис. 1. Продольный профиль р. Баксан
а – 1975 г., б – после селей 2000 г.

проходили транзитом, формируют здесь русловые гряды. Форма поперечного профиля русла ящикообразная, отношение ширины к глубине 50–100. Ширина русла возрастает вниз по течению от 30–50 до 100 м и более. Извилистое в межень (среди побочной) горное русло с развитыми аллювиальными формами по длине участка сменяется полугорным широкопойменным, разветвленным на рукава, с обширными осередками и побочными, сложенными галькой и мелкими валунами. Высота поймы 2–3 м.

Направленная аккумуляция наносов и постепенное уменьшение уклонов (от 10‰ на верхней границе участка до 1‰ и менее на нижней) способствуют интенсивным горизонтальным и вертикальным деформациям русла. Первые выражаются в блуждании основного русла, размыве пойменных массивов и смещении побочной и осередков. Амплитуда вертикальных деформаций (сезонных и многолетних) соответствует размерам русловых форм (гряд), достигая первых метров.

После катастрофических селей на р. Герхожансу в 2000 г. здесь при перекрытии русла Баксана селевой запрудой и образовании подпрудного озера происходило осаждение переносимых Баксаном наносов, формирование в озере внутренней дельты и общее усиление аккумулятивных процессов, вызванных повышением местного базиса эрозии – возникновением подпрудного озера и устьевым удлинением реки в нем. Длина подпрудного озера в момент наибольшего подъема воды достигала почти 2 км. Так как сход селей произошел в период прохождения по Баксану максимальных расходов наносов, объем отложившегося материала оказался весьма существенным. По всей длине участка подпора в результате аккумуляции наносов менее чем за два месяца произошло повышение отметок дна, составившее в створах наибольшего накопления наносов > 4 м в среднем по сечению (рис. 2а). Общий объем отложившегося на участке в пределах русла материала составил не менее 840 тыс. м³, тогда как средний за многолетний период годовой сток наносов Баксана у г. Тырныауза 570 тыс. м³.

До селей 2000 г. определенное влияние на русловые процессы на I участке оказывали отсыпка грунта и застройка части пойменных массивов, сужение живого сечения реки в результате устройства хвостохранилища горнообогатительного комбината, строительство берегоукрепительных сооружений и пр. Очевидно, это способствовало увеличению транспортирующей способности потока, снижению темпов аккумуляции и выносу материала вниз по течению. После селей 2000 г. и общего повышения отметок дна вдоль бровок русла почти сразу же началась отсыпка дамб обвалования для уменьшения ущерба от затопления. Завершенный в начале июня 2001 г. прокоп через селевую запруду понизил местный базис эрозии на гребне селевой запруды до доселевых отметок. При увеличении уклонов и транспортирующей способности потока в отложениях нижней части подпрудного водоема в течение считанных дней был выработан врез глубиной 2–4 м (в пределах обвалованного русла). Углубление русла уменьшило угрозу затопления города при прохождении по Баксану высоких расходов воды.

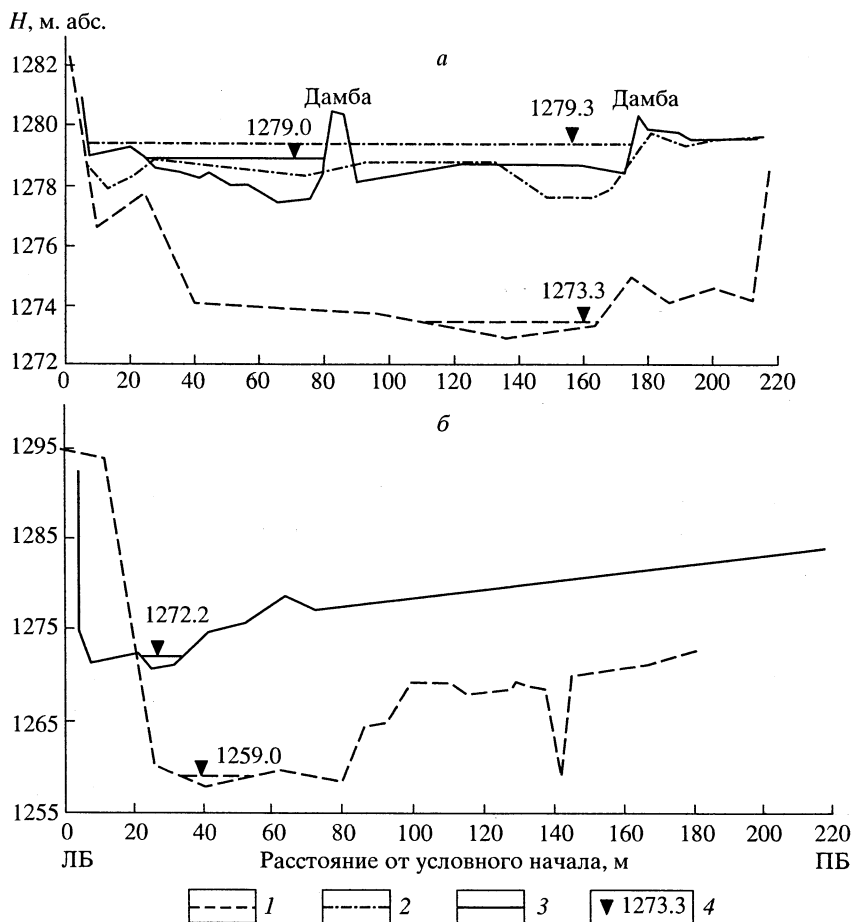


Рис. 2. Совмещенные поперечные профили прирусловой части долины Баксана в зоне подпора (а) и на селевом конусе выноса р. Герхожансу (б) до и после схода селей 2000 г.
1 – 1975 г.; 2 – 25.08.2000 г.; 3 – 4.10.2000 г.; 4 – отметка уровня воды в р. Баксан на момент измерений

Второй Тырнаузский участок (II на рис. 1) расположен на конусе выноса селей из р. Герхожансу. В его пределах русло Баксана подвергается прямому воздействию селевых потоков Герхожансу. Селевыми выносами русло Баксана отнесено к левому борту долины, где происходит направленный размыв высокой левобережной террасы. Уклоны русла увеличиваются относительно фоновых (на "входном" участке) в 2–3 раза (до 30–40‰) с постепенным уменьшением вниз по течению. После схода селей тип русла на этом участке зависит от степени трансформации исходного русла. В случае его полного уничтожения, как было после селей 2000 г., река образует блуждающее по селевым отложениям разветвленное русло, характеризующееся крайней несортированностью наносов. Протяженность участка после схода селей 2000 г. составила 2,2 км (6,10–8,30 км от устья Тютюсу). В многолетнем плане его длина меняется в зависимости от объемов разовых выносов селей и продолжительности периодов между селепроявлениями. При сходе селей происходит массовое отложение материала и перестройка русла вплоть до его полного уничтожения. В промежутки между селями идет размыв отложений и формирование русла, приспособленного к новым условиям. После селей 2000 г. отметки поверхности конуса выноса повысились более чем на 10–15 м, произошло полное захоронение старого и формирование нового русла Баксана, очертания которого не согласуются с доселевым (рис. 2б).

Русло, сформировавшееся на этом участке после селей 2000 г., к середине 2001 г. было существенно преобразовано: в верхней части селевой запруды выкопан прямолинейный канал, сконцентрировавший весь сток Баксана. Отметки дна в канале незначительно (на 1–3 м) превышают доселевые. Понижение отметок дна на входе в канал способствовало быстрому спуску подпрудного озера и значительному понижению отметок дна в вышележащей зоне подпора. В нижней половине участка вдоль русла Баксана отсыпаны берегозащитные дамбы.

Третий Тырныаузский участок (III на рис. 1) русла Баксана расположен ниже конуса выноса Герхожансу. Многолетняя тенденция развития русла на участке – направленная аккумуляция наносов, поступающих с конуса выноса в результате постепенного размыва селевых отложений. Положение верхней границы участка зависит от объемов выносов селей и продолжительности периодов между их сходами. Протяженность участка в настоящее время ~ 4 км. Уклоны русла (15–20‰) близки к уклонам Баксана на "входном" участке. Русло здесь извилистое или разветвленное, развиты побочки, осередки, есть фрагменты поймы. Их основу составляет перетолженный селевой материал – результат избыточного поступления наносов в русло при сходе селей на притоке и их переноса вниз по реке при прохождении послеселевых паводков на Баксане. Ширина русла колеблется от 25–35 м на неразветвленных участках до 50–60 м в разветвлениях. Отношение ширины русла к глубине изменяется от 20 до 50; ширина пойменных массивов составляет от одного до трех значений ширины русла.

Интенсивность как горизонтальных, так и вертикальных деформаций русла на участке достаточно высокая. В значительной степени русловые переформирования определяются поступлением селевого материала с конуса выноса Герхожансу. При сходе селей 2000 г. и поступлении селевого материала в русло Баксана происходила массовая аккумуляция наносов, активизировались размывы пойменных массивов и бортов долины. В послеселевой период русло постепенно приспосабливалось к новым условиям, при этом преобладал размыв русловых форм, образовавшихся в результате аккумуляции наносов в процессе схода селей. Таким образом, на более низких отметках сформировались "вторичные" русловые образования, высота и размеры которых определялись деятельностью потока Баксана в послеселевой период. Смещение селевых отложений вниз по реке вызвало вначале направленное повышение, а затем понижение отметок дна русла. Повышение отметок дна сопровождалось усилением сезонных переформирований в русле, разработкой новых пойменных проток, занесением низкой поймы, изменением положения стержня потока и др.

Резкий рост мутности воды в реке после схода селей (на порядок и более), связанный с вымыванием мелких фракций из селевых отложений, интенсифицирует русловые деформации из-за увеличения плотности наносонесущего потока и снижения неразмывающей скорости для крупных обломочных частиц [11, 12]. Размыв селевых отложений, усиление размыва берегов обуславливают при прохождении руслоформирующих расходов воды повышение мутности и стока наносов как на притоке, так и на Баксане. Послеселевое увеличение стока взвешенных наносов проявляется вплоть до устья Баксана и может быть причиной негативных последствий русловых деформаций ниже по течению (занесение водозаборов, ирригационных систем и т.д.).

В пределах всего рассматриваемого отрезка Баксана у г. Тырныауза четко прослеживается дифференциация руслообразующих наносов по крупности в зависимости от изменения уклонов и направленности русловых деформаций. На большей части фонового "входного" участка, расположенного выше зоны влияния селевых выносов, русловые отложения хорошо отсортированы (коэффициент сортировки $S_0 = 2,0–2,3$) (табл. 2). Средний диаметр руслообразующих наносов колеблется здесь от 13 до 17 см. Содержание валунов (50–10 см), гальки (10–1 см), гравия (1–0,1 см) и песчано-алевритовых частиц ($< 0,1$ см), вдоль участка изменяется незначительно, соответственно 53–56%, 33–39%, 5–8%, 3–6%. На характер распределения наносов по крупности оказывает влияние морфология русла. В пределах побочной и осередков средняя крупность частиц уменьшается от приверха или центральной части к ухвостью, а их сортированность несколько улучшается. Подобная закономерность обусловлена, вероятно, снижением транспортирующей способности потока по длине побочки и соответствует выводам, полученным для других рек с галечно-валунным аллювием [12–14]. Размеры частиц аллювия под воздействием потока дифференцируются и по поперечному профилю побочной и осередков: в приустьевой зоне средний диаметр наносов больше и лучше их сортированность.

В верхней части зоны подпора (участок I) содержание мелких фракций (гальки, гравия, песчано-алевритовых частиц) резко возрастает соответственно до 55, 16 и 7,5%. Из состава руслообразующих наносов исчезают средние валуны, а в 4,9 км от устья Тютюсу и мелкие. Содержание мелкой гальки и гравия по длине участка также уменьшается, а песчано-алевритовых частиц – увеличивается. Такое изменение состава руслообразующих наносов определяет уменьшение их среднего диаметра в 2 и более раза по сравнению с "входным" участком, а также

Характеристики гранулометрического состава руслообразующих наносов р. Баксан и селевых отложений на конусе выноса р. Герхожану после селей 2000 г.

Участки русла	Расстояние от устья Тютюсу, км	Весовое содержание частиц, %					Средний диаметр наносов, см	Коэффициент сортировки $S_0 = \sqrt{\frac{d_{75\%}}{d_{25\%}}}$
		валуны, Ø 100–10 см	галка, Ø 10–1 см	гравий, Ø 1–0,1 см	песок, Ø 0,1–0,01 см	алеврит, Ø < 0,01 см		
"Входной" (фоновый выше зоны подпора)	0	54,3	34,2	8,2	2,4	0,9	13,0	2,24
	1,5	52,8	39,3	5,0	2,3	0,6	17,0	2,33
	3,0	54,8	32,7	6,6	4,9	1,0	15,1	2,13
	3,25	55,7	33,5	6,4	3,5	0,9	14,0	2,02
	4,1	21,4	55,0	16,1	5,7	1,8	6,1	2,59
I (зона подпора)	4,3	29,3	43,3	15,6	8,7	3,1	7,2	4,42
	4,9	0,0	70,7	3,8	25,50	25,50	3,3	10,1
	6,1–8,3	Нет данных						
	10,9	67,6	20,5	7,9	3,2	0,8	25,5	2,79
	11,2	60,7	34,5	3,5	1,1	0,2	18,6	2,24
Неперemyтые селевые отложения 2000 г. на конусе выноса Герхожану	12,8	43,7	45,5	6,8	3,18	0,9	10,3	1,90
		32,0	30,6	17,5	13,4	6,5	18,4	9,56

его уменьшение к нижней границе участка I. Коэффициент сортировки резко возрастает от 2,59 до 10,1 на отрезке 4,1–4,9 км от устья Тютюсу, что свидетельствует об изменении скоростного режима потока в зоне выклинивания подпора, граница которой в процессе схода селей 2000 г. по мере поступления селевых выносов и увеличения высоты селевой запруды смещалась вверх по течению.

На участке II протяженностью 2,2 км руслообразующие наносы представлены селевыми выносами р. Герхожансу. Отбора проб перемытого селевого материала из русла Баксана не проводилось, а неперемытые селевые отложения 2000 г. на конусе выноса Герхожансу представляют собой плохосортированные ($S_0 = 9,56$) разнофракционные наносы, в составе которых преобладают грубоокатанные валуны (в среднем 32%) и галька (30,6%). Свыше половины валунов крупные диаметром более 80 см. Содержание гравия 17,5%, песчано-алевритовых частиц 19,9%, среди них 6,5% алевритовые частицы, отсутствующие в составе руслообразующих наносов. Средний диаметр селевых отложений 18,4 см.

Ниже конуса выноса (участок III) в составе руслообразующих наносов преобладает галечно-валунный материал (более 85%), из которого на долю валунов приходится от 44 до 68%. Содержание гравийно-песчаных и алевритовых частиц по сравнению с неперемытыми селевыми отложениями на конусе выноса значительно ниже: гравий 7,9–3,5%, песок 4–1%, алеврит 0,9–0,3%. Средний диаметр руслообразующих наносов на участке протяженностью ~ 2 км (10,9–12,8 км от устья Тютюсу) уменьшается вниз по течению от 25 до 10 см, т.е. более чем в 2 раза; одновременно растет их сортированность (S_0 от 2,79 до 1,90). Это означает, что Баксан на III участке перерабатывает селевые отложения, поступившие с расположенного выше участка. Здесь, как и на "входном" участке, происходит дифференциация наносов по длине и ширине русловых форм.

Таким образом, мощные сели, проходящие по р. Герхожансу и достигающие русла Баксана, являются наиболее значимым фактором руслоформирования на участке Баксана длиной более 8 км, определяя здесь морфологию русла, характер и направленность русловых деформаций, гранулометрический состав наносов. Длительное воздействие селей на русло привело к трансформации продольного профиля и формированию трех характерных участков русла – зоны подпора, участка в пределах конуса выноса, подвергающегося прямому воздействию селей из Герхожансу, и участка ниже конуса выноса, где происходит переработка выносимых селями наносов. Неодинаковые условия руслоформирования выше и ниже селевого конуса выноса способствуют формированию на участках различных морфодинамических типов русла. Интенсивность и направленность русловых деформаций здесь существенно изменяются в зависимости от величины селевых выносов, однако фоновые тенденции развития русла в пределах каждого участка остаются неизменными. Уникальные по масштабам своего воздействия на русло Баксана сели 2000 г. повторяемостью 1 раз в 700–1000 лет привели к еще более выраженной дифференциации характерных участков. В дальнейшем размеры участков и интенсивность русловых деформаций на них будут зависеть от сочетания показателей селевой активности (объемов селевых выносов, частоты схода крупных селей, направления движения селей и расположения их области аккумуляции относительно русла Баксана), характеристик гидрологического режима Баксана при сходе селей и в межселевой период (величин стока воды и наносов, продолжительности периода между селями и прохождения за это время выдающихся руслоформирующих расходов) и интенсивности антропогенных воздействий (устройства селезащитных и берегоукрепительных сооружений, канализирования русла и дноуглубительных работ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талмаза В.Ф., Крошкин А.Н. Гидроморфологические характеристики горных рек. Фрунзе: Кыргызстан, 1968. 204 с.
2. Кузнецов К.Л. Влияние селей на русловые процессы горных рек // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1987. № 2. 11 с. Деп. ВИНТИ, № 8194.
3. Кузнецов К.Л., Чалов Р.С. Русловые процессы и морфология русел горных рек в условиях активной селевой деятельности (на примере рек северного склона Заилийского Алатау) // Геоморфология. 1988. № 2. С. 71–78.
4. Чалов Р.С. Общее и географическое русловедение. М.: Изд-во МГУ, 1997. 112 с.
5. Ковалев П.В. Геоморфологические исследования в Центральном Кавказе (бассейн р. Баксан). Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1957. 162 с.
6. Чалов Р.С. Выработанный продольный профиль и направленные вертикальные деформации речных русел // Геоморфология. 1995. № 3. С. 18–24.
7. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.

8. Сейнова И.Б. Селевые процессы бассейна р. Баксан в последнем тысячелетии (Центральный Кавказ). М.: 1997. 295 с. Деп. ВИНИТИ, № 9763–В97.
9. Евстигнеев В.М., Зайцев А.А., Сваткова Т.Г. и др. Водный режим рек СССР (карта для высшей школы м-ба 1 : 8000000) // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1990. № 1. С. 10–16.
10. Макавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Наука, 1955. 346 с.
11. Россинский К.И., Дебольский В.К. Речные наносы. М.: Наука, 1980. 216 с.
12. Беркович К.М., Зайцев А.А., Лодина Р.В., Чалов Р.С. Русловые процессы на больших реках Восточной Сибири с галечно-валунным аллювием и особенности их регулирования // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1985. № 3. С. 35–41.
13. Сахарова Е.И., Лебедева Н.В. О факторах, определяющих состав аллювия р. Мзымты // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 3. С. 97–110.
14. Виноградова Н.Н. Изменения гранулометрического состава руслообразующих наносов на побочных горных рек и определяющие их условия // Геоморфология. 1995. № 1. С. 30–37.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
24.08.2001

THE CATASTROPHIC MUD-FLOWS IMPACT ON THE BAKSAN RIVER CHANNEL AT TYRNAUS CITY

A.L. BOGOMOLOV, N.N. VINOGRADOVA, B.N. VLASOV,
I.V. KRYLENKO, R.S. CHALOV

S u m m a r y

Mud-flows passing along the Gerhozhansu river – the tributary of the Baksan – and getting to the channel of the latter, have a great effect on its deformation morphology, granulometric composition of alluvium for the space of 8 km. The long-term action of the mud-flows has led to the longitudinal profile of the Baksan's channel and to the formation of the three characteristic sections, which differ in many parameters. The sections are: the zone of affluent, channel within the debris cone, and the downstream site of mud-flow deposits reworking. Catastrophic mud-flows in the year of 2000, carried the enormous amount of solid material, transformed the channel morphology radically and conditioned the channel processes in the area under consideration for long.

УДК 551.435.326.(571.651)

© 2002 г. П.А. КАПЛИН, А.В. ПОРOTOB

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЕРЕСЫПЕЙ ВОСТОЧНОЙ ЧУКОТКИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ¹

Введение

В последнее десятилетие большое внимание уделяется разработке прогнозных оценок эволюции береговой зоны в условиях ускорения темпов повышения уровня Мирового океана. Одно из направлений в разработке схем возможного переформирования берегов в будущем основано на привлечении данных по истории развития побережий в плейстоцене и голоцене и поиске палеогеографических аналогий [1]. Реконструкция процессов эволюции берегов в ходе голоценовой трансгрессии может помочь в понимании тех изменений, которые происходят сейчас и будут происходить в недалеком будущем на побережьях. В связи с этим на данном этапе исследований одной из задач является создание палеогеографической основы для разработки схем возможного развития береговой зоны в условиях современного и прогнозируемого ускоренного подъема уровня Мирового океана.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 99-05-65644).