

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.311.21

© 1996 г. Б.П. АГАФОНОВ

КУМУЛЯТИВНЫЕ СЕЛИ В ПРИБАЙКАЛЬЕ¹

В Прибайкалье, как и во многих других горных районах, распространены селе-активные долины-пади с резко сужающимися и крутопадающими горловинами-ущельями на выходе из гор. Нами обследовано шесть таких долин: Кынгарга, Толта, Куркула и три безымянных. В каньонообразных сужениях-горловинах этих долин селевые потоки приобретают особые динамические и разрушительные свойства. При вливании селей с разгона в суженные и крутопадающие русла ущелий уровень их поверхности и скорость резко повышаются, как и турбулентность и транспортирующая способность. Происходит явное сосредоточение во времени и пространстве, или кумуляция [1], энергии селевых процессов, многократное усиление их разрушительной способности.

Днища ущелий обычно осложнены каскадами водопадов. От ударов несущихся в селевых потоках обломков горных пород о стенки и днища ущелий возникает виброэффект (сотрясение бортов каньонов, подпрыгивание камней при соударениях и т.п.), который еще более усиливает сели. Создается самоактивизирующаяся система: кумуляция усиливает виброэффект и наоборот, что еще более повышает энергию селей.

Взаимодействие всех этих процессов происходит обычно на участках разно-направленных тектонических подвижек блоков, так как ущелья формируются чаще всего в зоне активных разломов, отделяющих горные хребты от впадин. В таких условиях водотоки глубоко врезаются в сбросовые уступы; при этом противоборствуют две группы процессов; оседание и оползание с бортов блоков пород стремятся сузить ущелье, а водноэрозионные процессы, особенно селевые потоки, расширяют и одновременно углубляют его. Все это довольно четко прослеживается, например, в долине р. Кынгарга (рис. 1). Река стекает с южного склона хребта Тункинские гольцы, зарождаясь на высоте более 2000 м, где на лето остается множество снежников. Длина ее ~ 30 км. Впадает она в р. Тунка на высоте 716 м. Общее падение реки в горной части 116 м на 1 км длины (6° 36').

От верховьев на протяжении 8,5 км Кынгарга имеет обыкновенную долину с постепенно выполаживающимся руслом и сравнительно широким днищем (до 180 м), со свежими следами селевых потоков. Крутизна склонов долины 30–45°. Они рассечены падами, интенсивно поставляющими селевой материал в основную долину. С левого борта селевой конус выноса из одной пади достигает ~ 150 м длины и ширины и 3–4 м мощности. Его фронтальная часть теснила Кынгаргу, но в значительной степени была

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (номер проекта 93-05-9500 и 94-05-16037а).

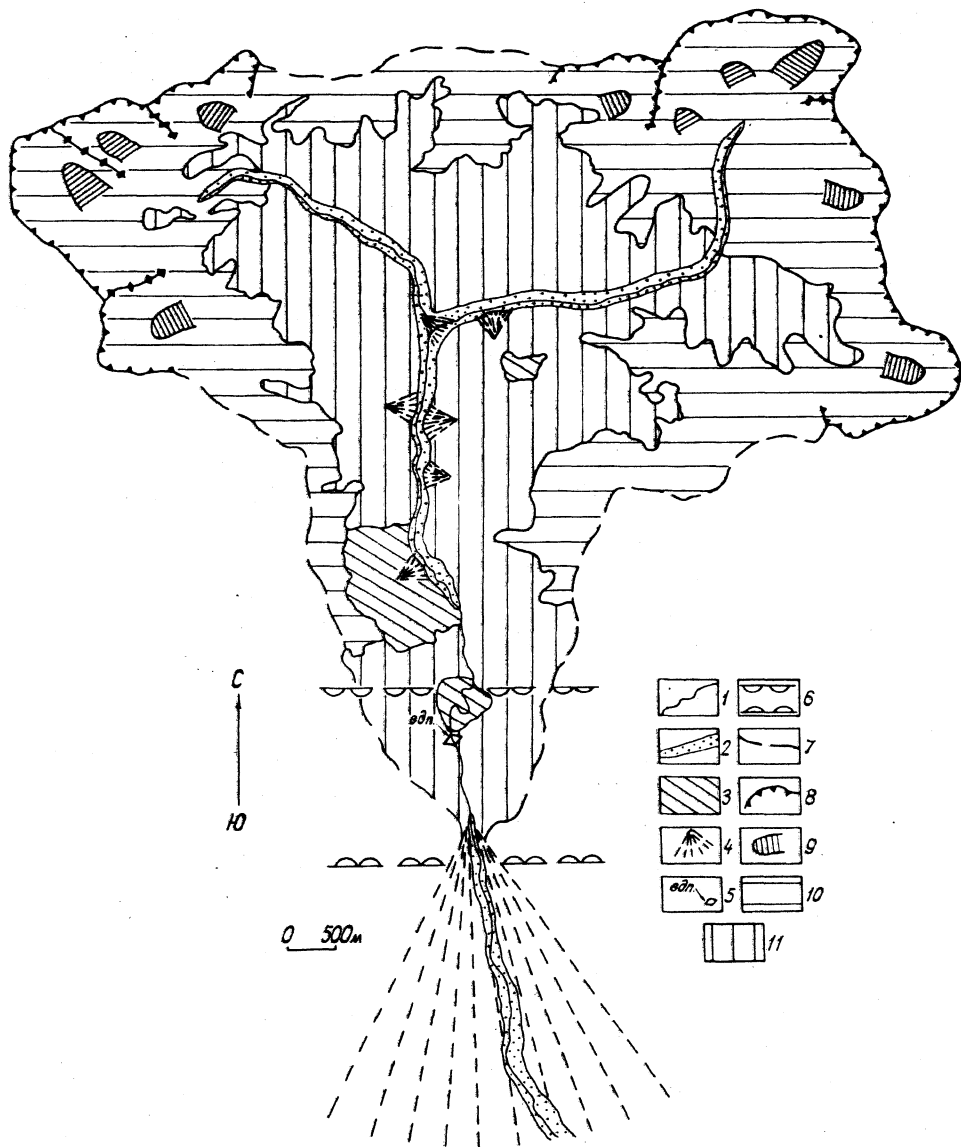


Рис. 1. Одна из типичных кумулятивно-селевых долин – Кынгарга, врезанная в южный склон хребта Тункинские голцы.

Ее характерная особенность – резкое сужение бассейна, русла и днища до полного исчезновения последнего при входе в крутопадающий ущельеобразный участок долины близ выхода реки из гор

1 – р. Кынгарга и ее основной правый приток, 2 – днище долины (русло, пойма и низкие надпойменные террасы), 3 – anomalously раздробленные скалистые участки склонов долины с нишами срывов крупных, вероятно сейсмогенных, обвалов и обвальными конусами выноса, 4 – паводково-селевые конусы выноса; 5 – наиболее крупный водопад высотой ~7 м; 6 – зона Тункинского разлома, морфологически выраженного параллельными тектоническими уступами и сейсмотектоническим рвом; 7 – водораздельные линии; 8 – кары; 9 – днища каров, засыпанные обвальными, лавинными, моренными и солифлюкционными отложениями; 10 – интенсивно расчлененные склоны альпийско-гольцового пояса, большей частью скалистые, с отседающими блоками пород, обвалами, осыпями, глыбовыми и снежными лавинами, склоновыми селями, солифлюкцией; 11 – расчлененные постоянными и временными водотоками склоны лесного пояса, с паводками по долинам, селями, эрозией, оползнями, крипом

размыта и сейчас не препятствует ее течению. По основному правому притоку также выходят сели; некоторые из них по инерции проносились через русло Кынгарги к левому борту долины и отложили там глыбовый материал, заросший молодыми деревьями. Судя по возрасту деревьев, последний сель проходил в 1971 г. С бортов на днище долины во многих местах поступают оползневые, осыпные и обвальные наносы. Мощность рыхлых отложений на днище колеблется от 2–3 до 10 м и более. По приблизительным подсчетам, на днище этого участка долины реки и ее основного, правого притока скопилось более 1 млн.м³ обломочного материала – потенциальной твердой составляющей селевых потоков.

Совершенно иная картина во втором, каньонообразном участке долины, длина которого ~ 1,9 км. Здесь резко увеличивается уклон русла – с 2°32' до 6°18'. Рыхлый покров, выстилающий все русло реки выше по течению, полностью выклинивается при переходе к крутопадающему участку. Остались лишь крупные разрозненные глыбы до 3–4 м в поперечнике и в редких местах, обычно на излучинах, небольшие скопления галечно-валунного материала. Русло сужается, углубляется и при переходе к самому крупному, приблизительно 7-метровому водопаду приобретает вид расщелины глубиной до 12–15 м, шириной у дна 1,5–2 м, а в верхней части 4 м, с уклоном по тальвегу ~ 20°. На значительном протяжении это ущелье отшлифовано паводковыми и селевыми потоками, а русло его осложнено многочисленными водопадами.

Борта ущелья разбиты субвертикальными трещинами на отдельные блоки. Местами хорошо заметны смещения некоторых из них к руслу. Основные признаки этого – плоскости смещения в виде зон дробления пород шириной до 0,8 м или трещин шириной до 3–4 см (а на некоторых участках до 20–30 см), заполненных щебнем. Особенно отчетливо отседание блоков пород от бортов каньона выражено при подходе реки к упомянутому выше 7-метровому водопаду. Породы здесь – интенсивно трещиноватые кристаллические сланцы и мраморы. Наблюдаются трещины отседания блоков шириной 1–3 см. А непосредственно перед водопадом блок высотой 10–12 м, длиной и толщиной 4–5 м отсел от левого борта. Между ним и бортом долины образовался щелеобразный проход шириной до 1 м, постепенно расширяющийся кверху. В нижней части он забит валунно-глыбовым материалом. Раньше, как это видно по фотоснимку [2], сделанному, по-видимому, во время обследования р. Кынгарга в 1949 г., этих валунов здесь не было. Отсутствовала и крупная окатанная глыба ~ 3 м в поперечнике с противоположной стороны отсевшего блока. Во время селей и высоких паводков по щелеобразному, забитому валунно-глыбовым материалом проходу течет вода, эродирует его, что способствует его дальнейшему расширению. А на бортах идет подготовка новых блоков к отседанию. Не исключено, что и сами высокие, отвесные здесь борта долины постоянно проседают и таким образом продвигаются в направлении русла, поскольку долина заложена по зоне поперечного субмеридионального сквозного разлома [3, 4].

Ниже водопада крупный блок мраморов медленно оползает к руслу реки. Под ним видна подсекающая его трещина, которая расширяется кверху, образуя полость до 0,8 м шириной.

Во многих местах ущельеобразного участка долины русло сужается обвальными конусами выноса, возникающими вследствие отседания и последующего обрушения пластинчатых блоков с отвесных высоких бортов каньона. Крупные обвалы, как, впрочем, и осевшие скальные массивы, могут основательно перекрыть русло. Но сели и бурные паводки со временем прорывают запруды. Следует иметь в виду, что такие резкие разовые прорывы запруд могут сопровождаться формированием необычно мощных селей повышенной опасности, содержащих крупные глыбы, вырванные из тела плотин.

Сели, насыщенные обломочным материалом, из горной части долины р. Кынгарга выходят, по-видимому, чрезвычайно редко. А в основном возникают бурные паводки, которые превращаются в сели на конусе выноса, захватывая ранее отложенные наносы. Об этом косвенно свидетельствует тот факт, что в долине встречается мало

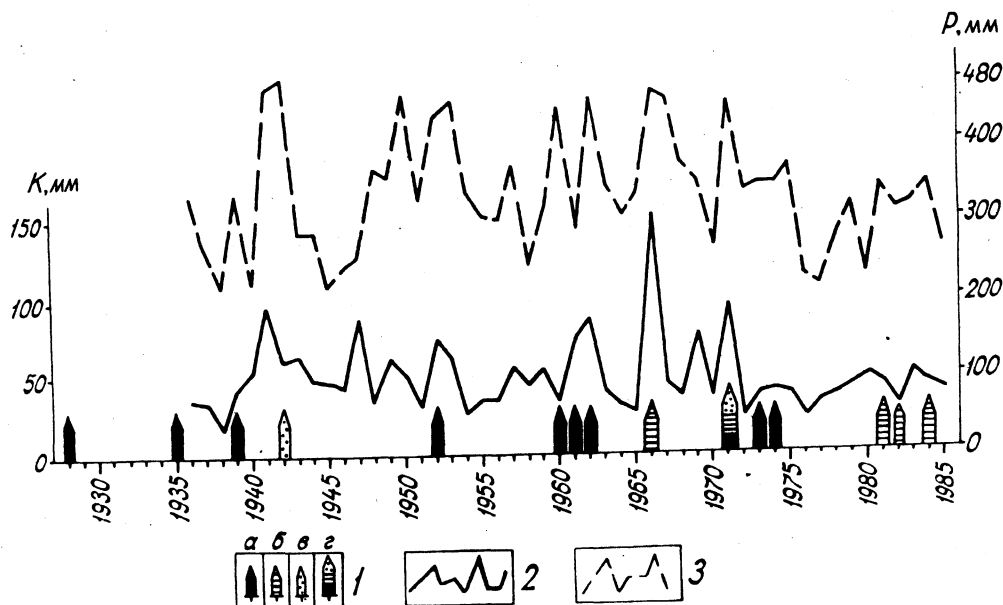


Рис. 2. Связь селевых потоков в районе курорта Аршан (подножие южного склона хребта Тункинские гольцы) с гидрометеорологическими факторами (годы прохождения селей выявлены дендрохронологическим методом; ход атмосферных осадков – по данным метеостанции "Аршан", лишь за 1938 г. – материалы близрасположенной метеостанции "Тунка")

1 – годы повреждения деревьев селями на реках Кынгарга (а), Зун-Хандагай (б), ручье Красном (в) и на всех этих трех водотоках (г); 2 – наибольшее суточное количество осадков (К); 3 – сумма осадков за летний период (Р), когда обычно возникают сели

раненных селями деревьев. Число их увеличивается на селевом конусе выноса. Дендрохронологический анализ показал, что деревья на конусе выноса р. Кынгарга были поранены селями в 1928, 1935, 1939, 1952, 1960, 1961, 1962, 1971, 1973, 1974 гг., а в соседней долине ручья Красного – в 1942 и 1971 гг. По р. Зун-Хандагай, расположенной в 11 км юго-западнее р. Кынгарга, подобные раны на деревьях приходятся на 1966, 1971, 1981, 1982 и 1984 гг.

Даты прохождения основной части поранивших деревья потоков четко коррелируют с наибольшими суточными количествами осадков (рис. 2), выпадающими обычно в один из летних месяцев. В отдельные годы (1960, 1982) селевые паводки не связаны с особо высокими суточными суммами осадков, но зато они совпадают с периодами обильных летних дождей (рис. 2). В такие годы грунты перенасыщаются влагой, и достаточно ливня умеренной длительности и интенсивности, чтобы возник селевой паводок.

Из выявленных дендрохронологическим методом потоков только в 1942, 1952, 1962, 1966 и 1971 гг. наверняка могли образоваться типичные, насыщенные рыхлообломочным материалом сели, поскольку в эти годы на фоне влажного лета выпало довольно высокое суточное количество осадков (рис. 2). В остальные годы более вероятны так называемые селевые паводки, представляющие собой начальное, переходное от паводков к селям звено в спектре селевого процесса в Прибайкалье [5].

Селевые потоки нередко причиняли значительные бедствия населению пос. Аршан. По сведениям местных жителей, в июле 1971 г. сель уничтожил водяные мельницы, дом около пекарни, повредил угол общественной бани и дорогу около нее, а также некоторые прибрежные огороды и снес мосты через реку. В настоящее время баня и

пекарня, а также выстроенные вблизи русла дома продолжают находиться под угрозой очередного селевого потока.

Во многом схожа с Кынгаргой р. Толта, находящаяся в 6 км западнее. Ее долина с дном шириной 60–80 м превращается на выходе из гор в каньонообразное крутопадающее скалистое ущелье длиной 700–800 м. Врезанное в коренные породы ущелье почти сразу же сужается здесь до 5,5 м по верху и 2,5 м в нижней части. В этом сужении находится водопад высотой ~ 3 м. По-видимому, блоки с бортов проседают и придвигаются к реке; на правом борту каньона около водопада видны трещины отседания шириной до 5 см. О прохождении селей по ущелью свидетельствует то, что в сужении, откуда низвергается водопад, застряли бревно, валуны, один из которых достигает 2 м в поперечнике. Перед водопадом, как можно видеть по растительности, уровень воды в реке поднимался на 2,5 м, а ниже в 10 м от него вода заплескивалась на правый берег на 4 м. На этой высоте на приступке осталось несколько валунов до 1 м в поперечнике, окатанностью до 2–3 баллов (здесь и далее окатанность материала приводится по шкале А.В. Хабакова). Они могли быть принесены селем.

В 20 м ниже водопада правый борт каньона представляет собой скальную стену с отрицательным уклоном до 20°. От нее отседают плитчатые блоки, один из которых, около 5 м длиной и шириной и 2 м толщиной, навис над руслом. В случае обрушения он может перепрудить реку.

Ниже водопада нижняя русловая часть каньона расширяется с 2,5–3 до 4–4,5 м. Характерно, что коренные породы в бортах – кристаллические сланцы и мраморы – интенсивно разбиты трещинами разных направлений с преобладанием субмеридионального простирания. В русле много неокатанных глыб до 3–4 м в поперечнике, свалившихся с бортов и не вынесенных рекой. Длительно лежащие в реке глыбы сверху слегка округлены и отшлифованы водой.

Интересно, что в одной из слабовыраженных излучин скальная стенка клифа не оглажена и на поверхности ее выступают остроугольные обломки. Обнажающиеся здесь кристаллические сланцы разрушаются на мелкие ромбовидные щебни, которые не успевают закруглиться при ударах водного потока, а выносятся, и на скальной поверхности обнажаются новые остроугольные отдельности. Подобные участки скальных обнажений встречались и в русловой части р. Кынгарга.

Любопытно, что в ~ 60 м ниже упомянутого 3-метрового водопада, на приступке борта ущелья наблюдается валун размером 0,8 м на высоте ~ 6 м над рекой. А при выходе из ущелья тоже обнаружен валун 0,3 м в поперечнике на высоте 5 м над урезом воды в реке. Он застрял в трещине. Судя по растительности, уровень воды в реке поднимался в недавние годы всего на 2,5 м. Занос валунов на высоту 5–6 м можно объяснить тем, что во время редких экстремальных селей уровень воды в ущелье поднимается гораздо выше, образуется поток с интенсивно перемешивающимися и выбрасываемыми из него обломками пород, особенно на уступах (водопадах). Следует также иметь в виду, что после отложения этих валунов река углубила русло.

На предгорном шлейфе селевые потоки сформировали мощный конус выноса со свежими нагромождениями и валами глыбового материала высотой 1,2–1,5 м и такой же глубины эрозионными врезами. Валуны в селевых валах от 0,1 до 1,5 м, а отдельные до 2 м в поперечнике. Непосредственно около гор в русле р. Толта залегают валуны размером до 3–4 м. На конусе выноса имеется много поврежденных селями деревьев. Время прохождения селей по р. Толта, по всей вероятности, совпадает с установленными дендрохронологическим методом датами проявления подобных процессов на реках Кынгарга, Зун-Хандагай и ручье Красном.

Следующая долина подобного типа обследована 13 июля 1983 г. на восточном склоне Байкальского хребта в районе губы Баргунда. Долина безымянная, начинается в гольцах на высоте 2100 м. Средний уклон ее русла в горной части 28°. В месте выхода долины из гор от подножия склона тектоническим рвом отделены крупные

блоки коренных пород. Селевые потоки, вырываясь из узкой горловины и встречая на пути эти блоки, разворачиваются вдоль склона к северо-востоку и лишь затем, обойдя коренное препятствие, выходят к Байкалу. По этой долине сходят и снежные лавины, которые в районе ущелья также приобретают кумулятивный характер. Они оставили следы в виде скоплений снега, сломанных, поваленных кустов, деревьев и мелких остроугольных обломков пород (дресвы, щебня), хаотично залегающих на крупных глыбах. Судя по ранам на деревьях, лавины сходили в год наших наблюдений (1983 г.), очевидно весной во время таяния снега.

На северо-восточном фланге Байкальской рифтовой зоны обследована всего одна долина с кумулятивными селями. Она также не имеет названия, врезана в северный склон Муяканского хребта в 5 км к югу от оз. Абатуркино и в 10 км юго-западнее устья р. р. Лапро. Долина длиной ~ 5 км начинается в гольцах на высоте 2310 м, и текущий по ней прерывающийся ручей впадает в р. Муякан, отметка уровня воды которой в этом месте равна 590,8 м. По морфологическим признакам долина подразделяется на четыре части. Верховье ее циркообразной формы с крутыми, местами отвесными склонами, рассеченными множеством ложбин со следами снежных лавин и обвально-осыпных процессов, сформировавших на днище мощные аккумулятивные шлейфы. Ниже склоны долины сохраняют значительную крутизну, а днище покрыто глыбовым чехлом. В него врезана V-образная эрозионная ложбина, которая вниз по течению увеличивается в размерах, достигая 30 м глубины и 40 м ширины между бровками ее бортов. Местами в русле ложбины проступает ручей. Длина этого участка долины 1,5–2 км. Далее происходит резкое увеличение уклона поверхности днища с 10–12 до 18–22° и начинается третья часть долины, совпадающая с зоной разлома в краевой части впадины, что выражено крутым падением русла, каскадом периодически действующих, но к моменту наблюдения (12 июля 1987 г.) пересохших водопадов высотой 2–3, местами до 4 м, а в одном месте – субвертикальной зоной дробления коренных пород шириной до 1 м, выполненной щебнисто-глыбовой массой. Эта зона обнажается в восточном борту русла и протягивается вверх по нему на 4–5 м, а затем скрывается под рыхлыми склоновыми отложениями. Ее простираение совпадает с поверхностью борта Муяканской впадины, а угол падения равен 85° и направлен в сторону этой депрессии. Общая длина этого ущельеобразного участка более 1 км.

Конус выноса на продолжении долины явно селевой, сложен крупными и мелкими глыбами. Длина и ширина его до 1 км. Он весь изрыт старыми и свежими руслами глубиной 1–2,5 м, шириной от 2 до 10 м. Значит, русло блуждает, что опасно для железной и шоссейной дорог, куда оно выходит. Сели возникают, по всей видимости, не часто, но значительные запасы рыхлого материала на днище долины в форме глыбового чехла благоприятствуют их возникновению в любое время теплого периода года при выпадении достаточного для этого количества атмосферных осадков.

В Байкальской впадине в образовании узкогорловинных долин наряду с тектоническими значительную роль играют абразионные процессы. Подрезая склоны, они также благоприятствуют созданию резкого перепада уклона русла. Врезаясь энергично в образующуюся абразионную ступень, река или временный ручей формируют на выходе долины к озеру узкий глубокий эрозионный желоб. Долины, в которых узкие горловины обусловлены тектоническими и абразионными факторами, чаще всего встречаются вдоль Обручевского сброса от мыса Листьянического до северной оконечности о-ва Ольхон, а также с юго-восточной стороны п-ова Святой Нос севернее мыса Нижнее Изголовье.

На Байкальском хребте подобные долины, подрезаемые в устьевой части абразией, встречаются между мысами Шартла и Анютха. В верхней части одной из них, не имеющей названия, скопились значительные запасы рыхлого материала в форме прислоненных к бортам террас шириной до 20 м, мощностью 7–10 м. Это, по-видимому, старые осыви рыхлых масс со склонов, образованные во время сильных землетрясений. На них наползают со склонов курумы. Толщи эти размываются

водотоком и служат неистощимым источником твердой составляющей селей. В русле верхней части долины наблюдается обилие рыхлого материала, а чем ближе к сужающемуся выходу в Байкал и с увеличением крутизны тальвега количество его уменьшается. Склоны долины пади крутые, с отвесными уступами. Русло в нижней части пади V-образное, ступенчатое, с пересыхающими водопадами и ваннообразными углублениями под ними, в которых ко времени наблюдений (19 июля 1983 г.) застоялась вода. Временные водотоки, возникающие во время длительных дождей и ливней, изредка превращаются в мощные кумулятивные сели. По ранам на деревьях на высоте 1–3 м от дна русла установлено, что сель проходил в 1959 г. Селевой материал выносится непосредственно в Байкал и преимущественно сливается по крутому подводному склону на большие глубины.

Несколько своеобразный случай образования ущельеобразного кумулятивного участка наблюдается в долине р. Куркула, стекающей с Байкальского хребта. Начинается она в каре на высоте 1800 м. Выйдя из гор, около 6,5 км течет по пологонаклонной аккумулятивной равнине в русле шириной 35–50 м. Ширина реки на этом участке 10 июля 1991 г. была 7–8 м, глубина 0,8–1 м. Течение быстрое, на поверхности наблюдались буруны. Уклон русла в горах в среднем $3^{\circ}4'$, на равнинном участке $1^{\circ}24'$. Русло на равнине выложено валунами от 10 до 100 см в поперечнике. Перед Байкалом река втекает в узкое ущелье в коренных породах, прорезая перемычку в глубоко выдвинувшемся к озеру скальном массиве. Глубина ущелья примерно 25–30 м, ширина у дна 3–4 м, местами 2,5 м, кверху оно расширяется до 20–25 м. Перед выходом в ущелье вода в реке поднималась в недавние годы на 3 м, а во время экстремальных селевых потоков и выше. Водный поток в ущелье бурлит, уклон тальвега не менее $5-6^{\circ}$, есть небольшие уступы, с которых вода падает. Через скальную перемычку река прорвалась к Байкалу явно недавно: стенки ущелья круты, с отвесными участками, сложены на всю высоту сильно трещиноватыми породами. На бортах ущелья имеются сдвинувшиеся массивы трещиноватых пород, готовые обрушиться. Раньше река, вероятно, проходила к Байкалу напрямую несколько севернее прорезанного ею скального мыса. Прорыв реки произошел в зоне интенсивного дробления и вероятного растяжения, возникшего вследствие оседания и смещения более массивной головной части глубоко выдвинувшегося во впадину скального блока. Не исключено, что река устремилась в образовавшуюся во время землетрясения зияющую трещину. Прежний проход был забит селевыми и паводковыми наносами как самой р. Куркула, так и почти перпендикулярно направленной к ней р. Горячая.

Куркула течет в ущелье примерно 100 м, затем впадает в Байкал, образуя селевой конус выноса 150 м длиной, около 300 м шириной и мощностью до 2–3 м над уровнем озера. Общая же мощность его, очевидно, очень велика, поскольку конус образован на крутопадающем подводном склоне. Селями выносятся довольно много валунно-галечного материала, но в ущельеобразном русле, так же как по долинам рек Кынгарга и Толта, его практически не остается, за исключением отдельных редких глыб. Валуны в конусе выноса достигают 1 м в поперечнике, что свидетельствует о довольно сильных кумулятивных потоках, проносящих их через ущелье.

С кумулятивностью селей связано немало загадочных явлений в отложениях, выполняющих впадины. Одна из феноменальных загадок – так называемое "стадо камней" [6] на конусе выноса р. Ина в Баргузинской рифтовой долине. Поразительная особенность этого "стада камней" – необычно крупные размеры глыб, многие из которых достигают 9–10 м длины, 6–7 м ширины и толщины. От выхода реки из гор глыбовый материал выдвигается во впадину более чем на 5 км. По мнению Г.Ф. Уфимцева, "распространение крупноглыбового материала, характер его залегания свидетельствует о том, что он поступил во впадину за короткое время (возможно, в результате природной катастрофы) из горной части долины р. Ина" [6, с. 75]. По геоморфологическим условиям р. Ина вроде бы не должна выносить обломки пород таких размеров. Начинается она на сравнительно пологом широком Икатском хребте, высоты которого колеблются в основном в интервале 1400–1800 м; редкие локальные

вершины выходят за пределы 2000-метровой отметки. Длина Ины до выхода из гор более 60 км. Русло ее пологое. Уклон его в горной части в среднем равен $0,6^\circ$. Ее главный, правый приток р. Турокчи имеет такое же выположенное русло. Но кумулятивные сели, способные выносить необычно крупные обломки пород, все-таки возникали по всем признакам в недалеком прошлом, когда водотоки во время таяния ледников были во много раз мощнее, а долина несколько иной. Основное отличие ее от современной заключалось в том, что она имела более узкое скалистое русло при выходе из гор. Скалистые крутые склоны сжимали реку в двух местах: при слиянии Ины с ее притоком р. Турокчи и непосредственно на выходе реки во впадину. Это были преграды – пороги. Сохранились лишь слабые следы бывших порогов. Один из них – останец коренных пород в русле водотока при слиянии Ины и Турокчи. Он со всех сторон омывается водой. К разделенному останцом руслу слившихся рек с обоих берегов подступают скальные обрывы. С правой стороны – это отвесная, подмываемая рекой 45-метровая стена из коренных пород, а с левой – отдельные выходы по берегу скальных мысов, перекрытых на соседних участках рыхлой толщей. В ней остроугольные глыбы в большинстве до 3, редко 4 м в поперечнике перемешаны с галькой и валунами до 3–4 баллов окатанности. Правобережная скальная стена также венчается подобными смешанными аллювиально-селевыми отложениями из окатанных и неокатанных обломков горных пород.

Бывший в районе останца порог мог образоваться вследствие резкого сейсмостектонического взброса этого участка долины по пересекающему ее поперек разлому, идущему от и вдоль р. Ина, сливающейся с р. Турокчи. Речка прорезала ущелье в образовавшемся интенсивно раздробленном пересекающимися разломами пороге. Аллювиально-селевые отложения, содержащие как окатанные, так и поступившие из коротких боковых притоков неокатанные обломки пород, оказались залегающими на цоколе, резко оборванном разломом со стороны верховьев долины р. Турокчи. Цоколь террасы постепенно понижается до полного исчезновения под рыхлыми террасовыми отложениями ниже по течению, что свидетельствует о перекосе блока во время взброса.

Порог прорезался рекой и мог быть резко и окончательно ликвидирован при одновременном выходе мощных разрушительных селей по сходящимся здесь трем водотокам: Ина, Турокчи и кл. Сергеева, т.е. в результате кумуляции, или резкого сосредоточения энергии селевого процесса во времени на суженном участке долины. При прорыве сель дополнительно усилился за счет спуска задержавшихся перед плотиной отложений. Вырванные из тела порога-плотины крупные глыбы были вынесены из долины. Остался лишь единственный, упомянутый выше крупный останец. Ниже по течению в русле задержались некоторые несоразмерно крупные глыбы 8–10 м в поперечнике. Воссозданные тектонические события подтверждаются резким расширением русла долины р. Турокчи выше бывшего порога с 70–75 до 150 м и упомянутым перекосом цокольной террасы.

Возникший в районе порога при слиянии трех рек кумулятивный сель мог сильно преобразовать суженное русло реки на выходе ее из гор. Здесь на месте бывшего сужения река непосредственно подмывает правый скалистый борт долины высотой ~ 80 м, сложенный гранитами. Происходит расседание этого гранитного массива в сторону Баргузинской впадины. Многие трещины расседания зияющие, субвертикальные, с небольшим падением (до 5°) под горный хребет. Ширина их 5–10 см. Они пронизывают скальный склон сверху донизу. Простирание этих трещин совпадает с направлением борта Баргузинской впадины. Вторая преобладающая система трещин направлена вдоль долины р. Ина. Трещины также субвертикальные или незначительно наклонены в сторону реки. Следовательно, скальный массив был изначально разбит на столбчатые блоки, которые проявились в виде останцев выветривания на самом выходе долины в Баргузинскую впадину. Во время прохождения кумулятивного селя наиболее выветрелые и менее связанные с коренным массивом блоки, теснившие русло, могли быть вынесены из долины. Во многих местах прибрежного уступа хорошо

видны ниши, образованные после удаления блоков пород. Есть отсевшие от основного массива глыбы. На левом берегу реки в этом районе расположена цокольная терраса высотой 20–25 м. Ее строение свидетельствует о том, что при формировании террасы из нее были удалены крупные блоки коренных пород – порфировидных гранитов, которые находятся сейчас на высокой пойме долины р. Ина во впадине [6].

Наблюдения непосредственно на конусе выноса показывают, что "стадо камней" – сложное образование. Множество крупных глыб в районе между выходом реки из гор и пос. Ина – это оставшиеся на месте или несколько сдвинутые блоки пород коренного основания (глыбовый элювий), а мелкие продукты выветривания удалены древними селевыми и бурными паводками. Непосредственно на дневную поверхность коренное ложе выходит по обоим берегам р. Ина в районе острова-осередка, что на северо-восточной окраине пос. Ина. На правобережном выходе его, примерно в 500 м от борта впадины прямо на коренных породах осталась глыба до 8 м в поперечнике.

Мощные сели проносили через участки распространения глыбового элювия валуны диаметром 0,5–0,8 м. Многие из них задержались между крупными глыбами или были забиты течением в промытые щелеобразные отверстия под их основание. Некоторые глыбы боковой гранью опираются на небольшие валуны или глыбы. Изредка крупные глыбы лежат на окатанных мелких валунах, равных по размерам современным валунам в реке. Под отвалившиеся блоки пород паводками вымывался также галечно-песчаный материал, сформировался под ними и выветрелый слой мелкообломочного элювия.

Остальная часть "стада камней", особенно более отдаленная от гор, очевидно, была сформирована кумулятивными селями, расчищавшими долину от моренных, обвальных рыхлых отложений и выносившими крупные глыбы при прорыве ущельеобразных сужений и с поля распространения "глыбового элювия" у восточной окраины пос. Ина.

Кумулятивные сели проходили, возможно, и по многим другим долинам. Ориентировочно к ним можно отнести, например, долины рек Сарма, Шида, Рытая, Шартлы, Солнце-падъ, Молокон, Шумилиха. Ущельеобразных горловин в них уже не осталось, но, как правило, почти все они резко сужаются на выходе из гор. Например, долина ручья Ветвистого, расположенного в 2 км юго-западнее губы Заворотной, сужается на участке выхода со 140–160 до 70 м. Склоны ее осложнены многочисленными останцами выветривания высотой до 30–40 м. В районе выхода реки из гор от борта Байкальской впадины отседают серия блоков (толщиной 5–10 м, высотой 20–50 м) в сторону тектонического рва глубиной до 6 м, протянувшегося вдоль подножия юго-восточного склона Байкальского хребта. Один из блоков от склона отделяет расщелина шириной ~ 7 м, глубиной не менее 30 м.

Долина р. Сарма с шириной дна перед выходом из гор 350–370 м и склонами крутизной 25–40° буквально у самого выхода на предгорный шлейф сужена до 150 м выступающими с обоих бортов скальными обрывистыми откосами. Интересно, что на конусе выноса этой реки длиной 3 км, шириной 5 км встречались валуны диаметром 1,8 м. Создается впечатление, что конус выноса формировался в несколько иной обстановке. Долина была круче, уже, с узкой горловиной на выходе из гор. Могли быть более влажные климатические условия и повышенная сейсмичность. В текущий период по долине изредка проходят обыкновенные селевые паводки, не выносящие крупные глыбы на конус выноса.

В дальнейшем (в дополнение к сформулированным ранее общим задачам исследования селевых потоков [7]) для более основательного и разностороннего изучения кумулятивных селей предстоит провести ряд мероприятий. 1) Прежде всего необходимо выявить долины с кумулятивными селями и рассмотреть общие и отличительные черты селеформирования в каждой из них. 2) В одной или нескольких долинах следует организовать стационарные инструментальные наблюдения за скоростью отседания и оползания скальных блоков от бортов ущельеобразных участков долин и врезания водотоков. Из охарактеризованных выше долин наиболее подходит

для этих целей долина р. Кынгарга. 3) Желательно заснять на киноплёнку ход селей по ущельеобразному участку и по возможности задокументировать основные особенности, физические характеристики и свойства этих потоков, инструментально зафиксировать создаваемый ими виброэффект. 4) На основе изучения конусов выноса нужно установить, не связано ли происхождение необычно крупных глыб в отложениях, выполняющих впадины и традиционно относимых к ледниковым образованиям, с кумулятивными селями.

Необходимо продолжить подобные исследования, нацеленные на изучение и выявление кумулятивных селей как в Байкальской рифтовой зоне, так и в других селевых регионах Земли. С этих же позиций следовало бы исследовать глыбовые и снежные лавины, многие из которых приобретают кумулятивный характер в долинах с резко суженными горловинами на выходе из гор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пиотровский М.В.* Проблемы формирования педиментов // Проблемы поверхностей выравнивания. М.: Наука, 1964. С. 50–65.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Ангаро-Енисейский район. Т. 16. Вып. 2. Л.: Гидрометеониздат, 1972. 595 с.
3. *Львов А., Кропачев Г.* Краткий отчет о результатах исследования "Аршана", произведенного по поручению Восточно-Сибирского Отдела Географического общества и Общества врачей // Изв. Восточно-Сибирского Отдела Императорского Русского географического общества. Издание распорядительного Комитета Отдела. Т. 40. Иркутск: Типография Иркутского Товарищества печатного дела, 1910. С. 41–77.
4. *Уфимцев Г.Ф.* Геоморфологические экскурсии в Прибайкалье. Тункинская долина. Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 1991. 42 с.
5. *Агафонов Б.П.* Спектр селевого процесса в Прибайкалье // Геоморфология. 1992. № 3. С. 37–45.
6. *Уфимцев Г.Ф.* Следы гигантского выброса каменного материала из долины р. Ины в Баргузинскую впадину // География и природные ресурсы. 1986. № 3. С. 73–78.
7. *Флейшман С.М.* Сели. Л.: Гидрометеониздат, 1978. 312 с.

Институт земной коры СО РАН

Поступила в редакцию
10.05.94

CUMULATIVE MUDFLOWS

B.P. AGAFONOV

S u m m a r y

A special type of mountain valleys has been recognized; within areas of their intersection by active faults a considerable concentration of energy takes place. As a consequence, "cumulative" mudflows are formed which are distinct by higher dynamics and destructive properties. A few examples of this type of valleys are given, and results of mudflow occurrence are discussed. The author gives reasons for more detail investigations of the cumulative mudflow on special test sites chosen in valleys prone to mudflows.