

от плиоценового не столько климатом, сколько тектоническим режимом. С течением времени происходила все большая консолидация новейших структур Кабульского блока, и котловины все в большей степени втягивались в общее поднятие. Сейсмические данные указывают на значительную активность глубинных разломов, ограничивающих Кабульский блок в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Славин В. И. Тектоника Афганистана. М.: Недра, 1976. 205 с.
2. Дедков А. П., Бугаков Г. П., Бабанов Ю. В. Поверхности снижения и формирование ярусности рельефа//Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1974. С. 3—37.
3. Вавилов Н. И., Букинич Д. Д. Земледельческий Афганистан. Л., 1929. 610 с.
4. Wolfart R., Wittekindt H. Geologie von Afghanistan. Berlin; Stuttgart: Gebr. Borntraeger, 1980. 500 S.
5. Меннесье Г. Геологические наблюдения в горах Кабула (Афганистан)//Сов. геология. 1963. № 7. С. 105—126.
6. Rathjens K. Zur älteren geomorphologischen Entwicklung der Hochgebirge Afghanistan//Geomorphologische Studien, Gotha, VEB H. Haack, 1957. S. 269—279.

Казанский государственный университет

Поступила в редакцию
26.I.1987

GEOMORPHOLOGY OF THE KABUL'S BASINS

DEDKOV A. P.

Summary

The city of Kabul occupies two intermountain basins within the limits of the Kabul tectonic block which is an Early Alpine geoantyclinal uplift. Principal topographic elements of the region are bordering mountain ridges, Late Pleistocene and Holocene alluvial-lacustrine plains, Pliocene—Pleistocene piedmont plains and Pliocene—Pleistocene inselbergs. Three main tectonic-climatic stages are distinguished in the basins' topography evolution which began at the Miocene.

УДК 551.435.13(235.21)

КУЗНЕЦОВ К. Л., ЧАЛОВ Р. С.

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И МОРФОЛОГИИ РУСЕЛ ГОРНЫХ РЕК В УСЛОВИЯХ АКТИВНОЙ СЕЛЕВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ РЕК СЕВЕРНОГО СКЛОНА ЗАЙЛИЙСКОГО АЛАТАУ)

За последнее время в связи с возрастающим хозяйственным освоением горных районов значительно повысился интерес к исследованию русловых процессов на горных реках [1—6 и др.]. В то же время горные реки с их большими уклонами и специфическими особенностями русловых процессов остаются вне поля зрения исследователей. Исключением являются лишь работы А. Н. Крошкина [2, 5] и Р. С. Чалова [3, 6], в которых обосновывается классификация русла горных рек, начиная от их истоков и во всем диапазоне уклонов, основывающаяся на кинематике потоков, механизме их воздействия на русло, механизме и формах перемещения руслообразующих наносов и как результат последних — морфологии русел.

В проблеме русловых процессов на горных реках наименее изучено соотношение руслоформирующей деятельности рек и селевых потоков: селевые или селеопасные реки, как правило, практически не изучаются

с точки зрения русловых процессов; русловые же исследования проводятся обычно на неселевых реках. В промежутках между селями (они могут быть как достаточно короткими, так и продолжительностью в десятилетия и более лет) речные потоки, протекая по селевым отложениям, формируют в них русла, причем русловые процессы по-разному развиваются в зависимости от уклона и состава отложений, зоны формирования, транзита или аккумуляции селей и других факторов. Деятельность потоков видоизменяет тот фон, на котором впоследствии будут развиваться новые селевые явления. Все это следует учитывать при разработке прогнозов и методов оценки русловых деформаций и при изучении селевой опасности.

Исследования на реках северного склона Заилийского Алатау, а также обширные материалы по этому региону КазНИИ Госкомгидромета СССР позволяют восполнить имеющийся пробел в познании русловых процессов на горных реках.

Заилийский Алатау — это северная цепь Тянь-Шаня, имеющая широкое простирание; ее длина 250 км. В центральной, наиболее возвышенной, части высота хребта достигает 4000 м и более. Северный склон расчленен долинами рек бассейна Балхаша, отделяющимися друг от друга меридиональными отрогами хребта; на расстоянии 20—30 км от водораздела находится подошва предгорий с высотами 800—1000 м. Северный склон обрамлен широкой полосой слившихся между собой конусов выноса, сложенных вековыми отложениями селей.

Среднегорье и высокогорье Заилийского Алатау отличаются крутосклонным глубокорасчлененным рельефом. Крутизна склонов по мере увеличения высоты возрастает от 20 до 40°, относительное превышение — от 500 до 800 м, а выше 3200—3400 м — до 1000 м и более. Гребни хребтов острые, зубчатые, склоны обрывистые. В альпийском поясе — следы ледниковой деятельности. Нижняя граница современных ледников располагается на высоте 3600—4000 м.

В строении Заилийского Алатау преобладают граниты, гранодиориты, сиениты и другие изверженные породы, слагающие почти всю центральную и восточную части главного водораздельного хребта, а также значительные территории западной части горной цепи. Восточная часть северного склона сложена порфиритами, порфирами, туфами, а также конгломератами и песчаниками карбона.

Активной селевой деятельности на реках Заилийского Алатау способствует распространение мощных рыхлообломочных четвертичных отложений в долинах: валунных, валунно-галечных морен с гравийно-песчаным, песчаным или суглинисто-песчаным заполнителем. Преобладают обломки размером 20—30, реже 70—100 см, хорошей окатанности, часто встречаются глыбы диаметром 2 м и более. В составе заполнителя от 15—20 до 40% — частицы менее 200 мм с преобладанием фракции 2—7 мм; количество глинисто-пылевых частиц — 2—3%.

Развитию мощных селей благоприятствует разреженность растительности и значительное количество осадков при неравномерном их распределении в году, иногда со значительными суточными суммами (16 мая 1947 г. в бассейне р. Талгар зарегистрирована суточная сумма 182 мм). Наиболее селеактивны бассейны рек Малая и Большая Алмаатинка, Талгар, Иссык, Аксай, Каскелен. Сели здесь формируются при выпадении ливней, реже — от прорыва внутриморенных водоемов и ледниковых озер.

Селевой поток, обладая чрезвычайно высокой транспортирующей способностью, значительно деформирует русло. Характер и степень этого воздействия различны в зонах формирования, транзита и отложения селя. В зоне формирования селя русло прямолинейное, узкое, с наибольшими уклонами. Здесь происходит наиболее интенсивный размыв русла, сопровождающийся оползанием и разрушением берегов. Во время селя 15 июля 1973 г. на р. Малая Алмаатинка русло углубилось в среднем на 12—15 м, максимальная глубина размыва 40 м [7]; селя 3—4 августа 1977 г. на р. Большая Алмаатинка вызвал размыв глуби-

ной в среднем 10—15 м, максимум 45 м [8]; селевой поток на р. Иссык 7 июля 1963 г.— соответственно 35—40 и 80 м [9].

В зоне транзита наблюдается периодический размыв или отложение наносов, сменяющие друг друга как во времени, так и по длине реки. Селевые отложения наблюдаются в расширениях речной долины и при изменении направления течения потока, т. е. там, где уменьшаются глубина и скорость потока. В сужениях долины увеличиваются глубины и скорость потока; здесь происходит вовлечение в поток рыхлообломочного материала.

Селевой поток перемещается импульсами в виде грязекаменных языков. Остановка селя приводит к образованию лобовых валов, перегородивающих поперек русло или дно долины. Высота достигает нескольких метров. Основная причина валообразного движения селя — дискретное вовлечение рыхлообломочного материала в селевой процесс. На изгибах селевая масса отлагается сплошными полями, окаймленными со стороны берегов боковыми валами, вытянутыми по течению и состоящими, как и лобовые валы, из крупных глыб и валунов. Боковые валы сужают и спрямляют русло, изменяют направление течения и способствуют размыву дна и берегов.

Зоны отложений селей приурочены к межгорным котловинам или к выходу рек на предгорную равнину. Мощность отложений одного селя — несколько метров. После селя на р. Иссык 7 июля 1963 г. средняя мощность отложений составила 6—7, максимальная 12 м [9].

После селевого потока прежнее русло исчезает, погребенное под слоем грязекаменного материала, и начинается формирование нового русла. Большая роль в этом процессе принадлежит послеселевому паводку. Так, после селя 3—4 августа 1977 г. на р. Большая Алмаатинка паводок разработал русло за 6 ч [10]; его плановые очертания не изменились до сих пор. Значительной переработке селевых отложений водным потоком на начальной стадии способствует отсутствие отмычки, вследствие чего поток послеселевого паводка вступает во взаимодействие с несортированным материалом и обогащается глинисто-пылеватыми и песчано-гравийными частицами. Исследования Н. И. Макавеева и др. [11], К. И. Россинского и В. К. Дебольского [12] показали, что насыщение потока мелкими фракциями существенно повышает его транспортирующую способность по отношению к донным галечно-валунным наносам и вызывает активное их движение. Облик первичного русла, созданного послеселевым паводком, во многом определяется волновым характером движения селя и образованием валов при его остановке. Селевые валы образуют естественные запруды в русле. При этом грязевая составляющая уносится паводком, а крупные валуны и глыбы создают гряды. В пределах таких гряд гранулометрический состав закономерно изменяется по длине, соответствуя распределению фракций в грязекаменном валу. В передней (лобовой) части селевого вала перемещаются наиболее крупные обломки (до нескольких метров в диаметре), затем крупность постепенно уменьшается. Лобовой (низовой) откос и гребень гряды также состоят из нагромождения крупных валунов и глыб; верховой (напорный для потока паводка) откос сложен мелкими фракциями. В результате первичное русло имеет ступенчатый продольный профиль, в котором каждый перегиб соответствует остановившемуся селевому лобовому валу. Берега русла представляют собой боковые селевые валы или селевые террасы, сложенные несортированным грубообломочным материалом с мелкодисперсным заполнителем. Дно первичного русла выстилается хаотично нагроможденным галечно-валунным материалом. Такое первичное русло на всем его протяжении является порожисто-водопадным [6], например русло р. Большая Алмаатинка между устьями рек Кумбельсу и Проходной, где селевой поток прошел в середине июля 1986 г.

В межселевой период русло перерабатывается водным потоком, который вымывает мелкие фракции из береговых валов и селевых террас, сортирует галечно-валунный материал по длине и по ширине русла.

В результате глубины становятся равномерными, начинают развиваться излучины — селевое русло постепенно утрачивает свои черты и приобретает облик горного неселевого русла. Для него характерна последовательная смена типов вниз по течению (в соответствии с уменьшением уклонов) от порожисто-водопадного к руслу с неразвитыми аллювиальными, а затем с развитыми аллювиальными формами; последнее сменяется полугорным при выходе на предгорную равнину.

На рис. 1 представлена схема распространения различных типов русел рек Заилийского Алатау, сформировавшихся на свежих (возраст менее 15 лет) и на старых селевых отложениях (возраст более 15 лет). В таблице приведены данные о времени прохождения селей и уклонах, соответствующих участкам с определенными типами русел.

Выделяется среди всех рек р. Тургенъ (рис. 1), полностью утратившая свой селевой облик. Точных сведений о последнем селе нет. Судя по состоянию берегов русла, сложенных несортированным материалом, по наличию заросших селевых валов и террас, селевые потоки здесь формировались в прошлом. По возрасту деревьев на селевых отложениях можно предположить, что последний сель прошел здесь в 1841 г., когда, по имеющимся сведениям, выдающиеся ливни сформировали грандиозные сели на всех реках Заилийского Алатау. Для р. Тургенъ характерна типичная для неселевых рек последовательная смена типов русел от порожисто-водопадных (в верховьях) до полугорных (при выходе из гор). Иногда эта закономерность нарушается: в сужении долины в среднем течении под влиянием интенсивного поступления обломочного материала со склонов русло с развитыми аллювиальными формами становится порожисто-водопадным.

Остальные реки характеризуются интенсивной селевой деятельностью. Но в связи со строительством селезащитных сооружений селевой режим их существенно изменялся. Соответственно изменилась степень переработки селевого русла. Так, сель 15 июля 1973 г. на р. Малая Алмаатинка был остановлен плотиной Медео. В нижнем бьефе плотины русло переработано водным потоком, утратило черты селевого. Ниже селезащитной плотины на р. Иссык появился участок русла с неразвитыми аллювиальными формами. Берега рек в обоих случаях зарастают, закрепляются древесной и кустарниковой растительностью.

В верховьях рек русла врезаются в моренные отложения на глубину до 10–20 м, образуя в них V-образные крутосклонные ущелья. В межселевые периоды русловые процессы здесь подавляются поступающим в русло крупнообломочным моренным материалом, количество которого превышает транспортирующую способность потока. Формирующиеся при этом порожисто-водопадные русла представляют собой сплошной каскад порогов и небольших водопадов, образующихся на беспорядочном скоплении валунов. Ниже порожисто-водопадное русло, соответствующее зоне формирования селей, переходит в порожисто-водопадное русло зоны транзита селевых потоков, у которых пороги и водопады приурочены к лобовым селевым валам. На выположенных участках верхового ската лобовых валов в нижней части распространения этого типа русла появляются участки с неразвитыми аллювиальными формами. Например, на р. Иссык в районе Мертвой поляны наблюдается чередование коротких (несколько десятков метров) порожисто-водопадных участков, соответствующих лобовым селевым валам, с участками (первые сотни метров) русла с неразвитыми аллювиальными формами, соответствующими верховым склонам селевых валов.

В целом для рек Заилийского Алатау характерны и более крупные ступени продольного профиля. В результате даже в высокогорье могут встречаться русла с развитыми аллювиальными формами и полугорные. Например, на р. Большая Алмаатинка в 300 м ниже оз. Большое Алмаатинское порожисто-водопадное русло прерывается коротким участком полугорного, ниже которого последовательность типов русла идет в обратном порядке снова к порожисто-водопадному. То же са-

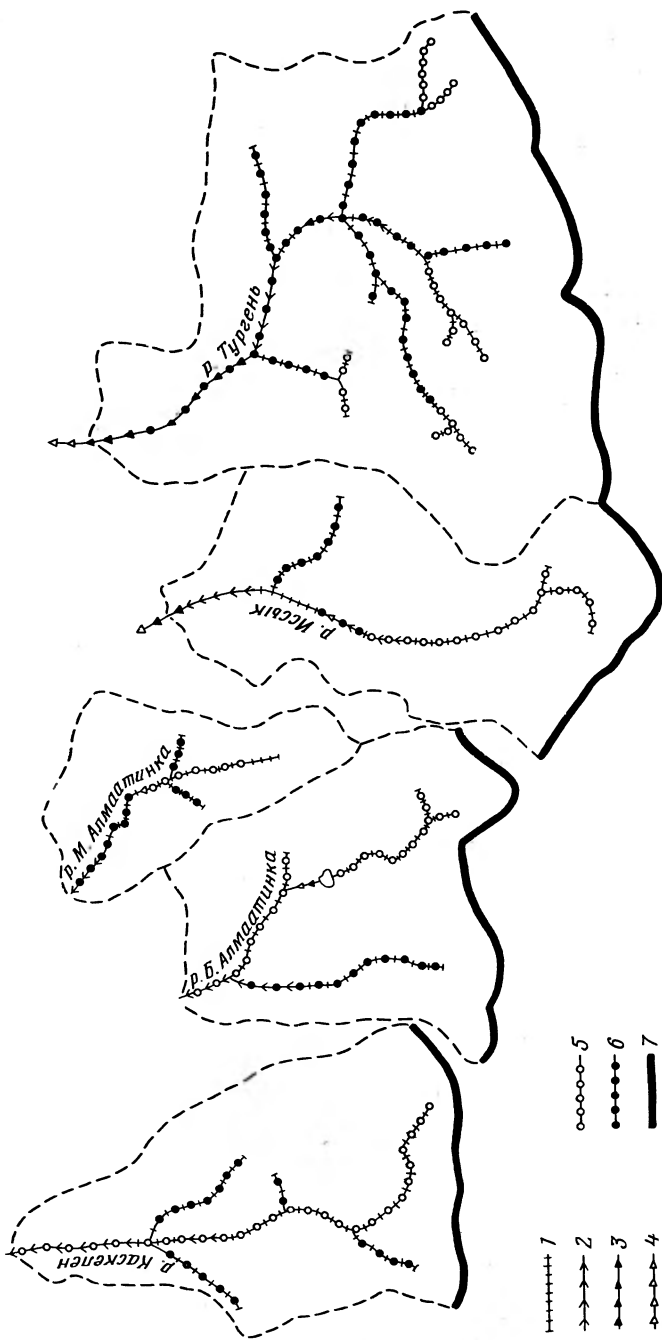


Рис. 1. Схема распространения типов русел (по Р. С. Чалову) [6] на горных реках Зайлийского Алатау
 1 — порфирово-волпадные, 2 — с неразвитыми аллювиальными формами, 3 — с развитыми аллювиальными формами,
 4 — полугорные, 5 — селевые отложения (возраст менее 15 лет), 6 — селевые отложения (возраст более 15 лет), 7 — ось
 хребта

Даты прохождения последних селевых потоков и типы русел (по Р. С. Чалову [6])
некоторых рек Заилийского Алатау

Река	Участок	Дата последнего селя	Тип русла	Уклон, ‰
Тургень	Исток — выход из гор	1841	Порожисто-водопадное	80—300
			С неразвитыми аллювиальными формами	42—72
Иссык	Исток — плотина	7.8.1982	С развитыми аллювиальными формами	30—40
			Полугорное	15—25
Малая Алмаатинка	Плотина — оз. Иссык	7.7.1963	Порожисто-водопадное	28—418
		15.7.1973	С неразвитыми аллювиальными формами	25—35
	Медео — плотина	7.8.1956	То же	28—35
		Медео — устье Бутаковки	7.8.1956	Порожисто-водопадное
Устье Бутаковки — выход из гор	8.7.1921	»	60—120	
Большая Алмаатинка	5 км выше озера — озеро	май 1977	С неразвитыми аллювиальными формами	44—60
	Устье Кумбельсу — устье р. Проходной	июль 1986	То же	40—50
	Устье р. Проходной — оз. Сайран	4.08.1977	Порожисто-водопадное	88—280
Каскелен	5 км от истока — г. Каскелен	23.07.1980	»	42—260
			С неразвитыми аллювиальными формами	40—30
Каскелен	5 км от истока — г. Каскелен	23.07.1980	Порожисто-водопадное	45—163
			С неразвитыми аллювиальными формами	28—40

мое наблюдается возле спущенного оз. Иссык, перед плотиной Медео и в других местах.

Влияние селей на русловые процессы проявляется также в гранулометрическом составе аллювия. Основными источником его являются размываемые селевые отложения. Водный поток, перерабатывая их, изменяет сортированность и крупность наносов. Учитывая широкий спектр состава селевых отложений (от долей микрона до нескольких метров), для характеристики сортированности материала принят показатель

$$K_c = \lg \frac{d_{95}}{d_5};$$

где d_{95} — соответствует диаметру частиц 95%-ной обеспеченности по полной кривой гранулометрического состава; d_5 — диаметру частиц 5%-ной обеспеченности. Для селевых отложений коэффициент сортировки K_c изменяется от 5,4 до 3,5, для русловых отложений на селевых реках — от 2,5 до 1,5, т. е. сортированность аллювия становится в 2—3 раза выше. В то же время поскольку основным источником аллювия являются селевые отложения, сортированность и средневзвешенная крупность аллювия не зависят от водности реки и длины водотока.

В селевых отложениях полностью отсутствует зависимость от водности реки и длины водотока, а также зависимость крупности донных отложений от уклона русла (рис. 2, а). Русловой поток, переформирует селевые отложения, создает отмостку, появляется зависимость и средневзвешенного диаметра донных отложений (d , мм), составляющих ее, от уклона русла (i , ‰) (рис. 2, б): $d = 8i^{0,92}$.

Такая же, но более тесная связь получена О. А. Борсуком и Р. В. Лодиной [13] для галечно-валунного русла Верхней и Средней Лены и Р. В. Лодиной [14] — для горных рек Западного Закавказья. К. М. Берковичем и др. [15] получена достаточно плотная связь между средней крупностью толщи руслообразующего аллювия, слагающего отмели, и

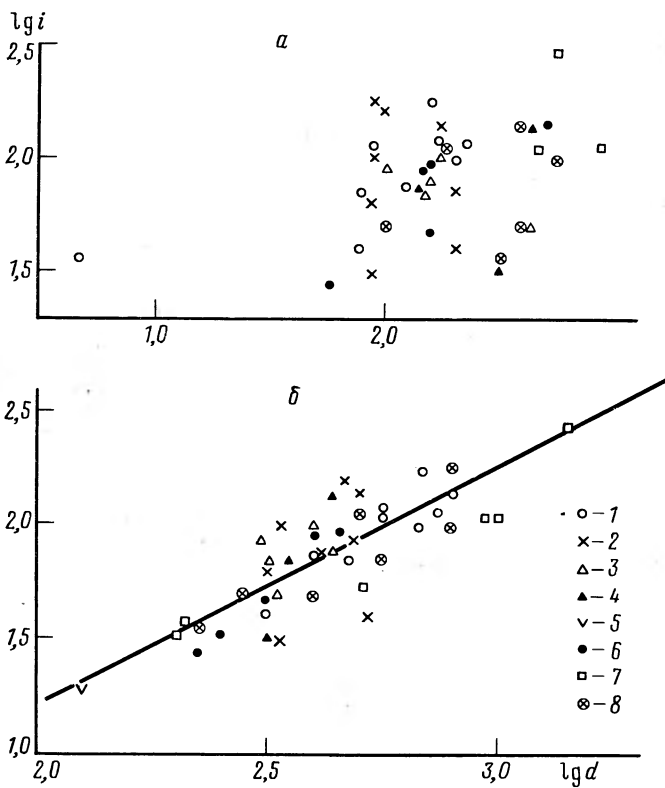


Рис. 2. Зависимость средней крупности руслообразующих отложений (аллювиальной толщи) $d_{отл}$ (а) и отности $d_{отм}$ (б) от уклона русла i на селевых реках Заилийского Алатау
 1 — Малая Алмаатинка, 2 — Большая Алмаатинка, 3 — Аксай, 4 — Талгар, 5 — Тургень, 6 — Иссык; 7 — Чемолган, 8 — Каскелен

диаметром материала отности для галечно-валунных русел рек Киренга и Алдан. На реках Заилийского Алатау такая связь отсутствует; здесь можно говорить лишь об общей тенденции (рис. 3). По-видимому, это различие связано с неселевым или селевым характером русел и условиями формирования аллювия.

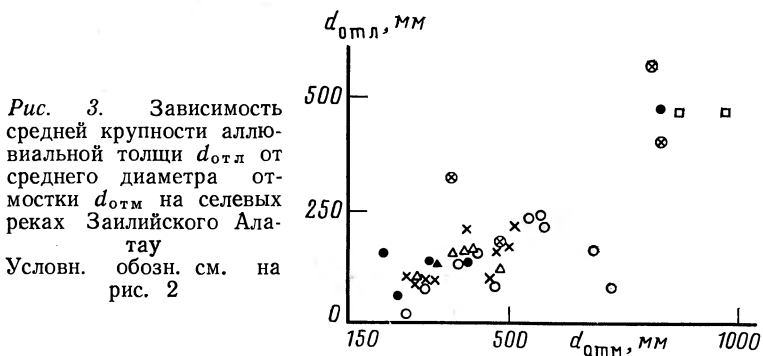


Рис. 3. Зависимость средней крупности аллювиальной толщи $d_{отл}$ от среднего диаметра отности $d_{отм}$ на селевых реках Заилийского Алатау
 Условн. обозн. см. на рис. 2

Исследования специфики русловых процессов на горных реках северного склона Заилийского Алатау показали, что, формируясь в условиях активной селевой деятельности, русла рек в межселевые периоды постепенно трансформируются водным потоком; здесь вырабатываются определенные типы русла в соответствии с уклонами и водностью реки, происходит сортировка аллювия по гранулометрическому составу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каганов Я. И.* Русловые переформирования при регулировании рек горно-предгорной зоны. Львов: Вища школа, 1981. 120 с.
2. *Крошкин А. Н.* Прогноз руслового процесса на горных реках и его инженерное использование//Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 12—14.
3. *Ларионов Г. А., Литвин Л. Ф., Чалов Р. С.* Эрозия почв и русловые процессы в горных странах, основные результаты и проблемы их изучения//Инженерная география горных стран. М.: Изд-во МГУ, 1984. С. 67—100.
4. *Копалиани З. Д., Цхададзе В. С.* Типы речных русел Западной Грузии//Тр. Гос. гидрол. ин-та. 1972. Вып. 195. С. 20—32.
5. *Талмаза В. Ф., Крошкин А. Н.* Гидроморфометрические характеристики горных рек. Фрунзе: Кыргызстан, 1968. 204 с.
6. *Чалов Р. С.* Некоторые особенности руслового режима горных рек//Метеорология и гидрология. 1968. № 4. С. 70—74.
7. *Виноградов О. Б., Земс А. Э., Хонин Р. В.* Селевой поток 15 июля 1973 г. на Малой Алмаатинке//Селевые потоки. Сб. 1. М.: Гидрометеиздат, 1976. С. 60—73.
8. *Осипова Н. А., Казанников С. М.* Оценка объемов выноса рыхлообломочного материала из бассейна р. Кумбельсу селем 1977 г.//Селевые потоки. Сб. 6. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 82—83.
9. *Парамонов Б. А.* Формирование твердой фазы селевого потока на р. Иссык 7 июля 1963 г.//Селевые потоки. Сб. 1. М.: Гидрометеиздат, 1976. С. 88—92.
10. *Лаптев В. И.* Описание селевого потока 3—4 августа 1977 г. в бассейнах рек Кумбельсу и Большая Алмаатинка//Селевые потоки. Сб. 5. Л.: Гидрометеиздат, 1980. С. 55—58.
11. *Маккавеев Н. И., Литвин Л. Ф., Хмелева Н. В.* Использование транспортирующей способности речного потока в практических целях//Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1970. № 2. С. 82—89.
12. *Россинский К. И., Дебольский В. К.* Речные наносы. М.: Наука, 1980. 216 с.
13. *Борсук О. А., Лодина Р. В.* Русловой аллювий на Верхней и Средней Лене//Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 149—154.
14. *Лодина Р. В.* Сортировка аллювия в реках Западной Грузии//Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 143—148.
15. *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.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
26.1.1987

MOUNTAIN RIVERS CHANNEL PROCESSES AND MORPHOLOGY UNDER CONDITIONS OF FREQUENT MUDFLOWS (A CASE STUDY OF THE ZAILIYSKY ALATAU RIVERS)

KUZNETSOV K. L., CHALOV R. S.

Summary

Mudflows' impact on the mountain rivers channel processes is discussed, the processes' features proved to be different within the zones of mudflows formation, transit and deposition; the channel morphology depends on the form of the mudflow deposits. After mudflow flood creates a primary channel in the mudflow deposits, later the channel undergoes a slow transformation by the stream which results in sequential changes of channel types according to changes in the stream slope and discharge. No correlation has been found between alluvium size and channel slope in mudflows while the correlation is quite close in the channel transformed by water course. Mudflows account also for the lack of correlation between dimensions of the pavement on one hand and the fluvial layer on the other.