

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 551.311,8; 624.131,543

Дж. Г. Мамедов

**ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
В КОНУСАХ ВЫНОСА И ИХ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
(на примере селей Азербайджанской части Большого Кавказа)**

Рассмотрены особенности селевых отложений, характеризующиеся размывами и аккумуляциями, а также их гранулометрический состав в конусах выноса. Для этого необходимо было до и после прохождения селей снять поперечные профили и окапать шурфы в конусах выноса. Было выявлено, что на южном склоне Большого Кавказа 0,005-0,1 мм фракционный состав составляет 87%, а на северо-восточном склоне – 96 %.

Ключевые слова: размыв; аккумуляция; конус выноса; фракционный состав; гранулометрия.

Сели от других неблагоприятных природных явлений отличаются усилением антропогенного воздействия. В настоящее время это природное явление на исследуемых реках усилилось в связи с глобальным изменением климата. Это особенно проявляется на южном склоне Большого Кавказа. В этом отношении изучение закономерностей селевых отложений и аккумуляций представляет большой научный и практический интерес.

Целью работы стало изучение особенностей селевых отложений и их распределение. Познание этих особенностей позволит определить движение селевого потока. Такие исследования начались в основном после 1960 г. и успешно продолжились в 1980-х гг. Однако в связи с развалом СССР научная жизнь замерла. Застой в науке продолжался приблизительно до 2000 г. и характеризовался малым количеством выполненных исследований.

Особый интерес представляют особенности и закономерности фракционного состава селевых отложений. С этой целью проведено нивелирование в конусах выноса для анализа селевых отложений.

Материалы, использованные в анализе. Материалами для исследования послужили данные стационарных наблюдений над гранулометрическим составом стока наносов рек на 47 гидрологических постах. Наблюдения проводились Национальным Департаментом Гидрометеорологии Азербайджанской Республики с 1927 по 2007 г., кроме того, использовались данные экспедиционных исследований автора, проводимых в 1992, 2003, 2004, 2009, 2010 г.

Материалы и результаты. В связи с исследованием гидрологических особенностей нами выполнено нивелирование на конусе выноса селевых отложений. Так, нами произведено нивелирование по ширине конуса выноса до и после прохождения селей и паводков за март и июль 2003-2004 г. (рис. 1-3). В табл. 1 приведены результаты нивелирования, которые дают возможность косвенно определить особенности селевых отложений [4].

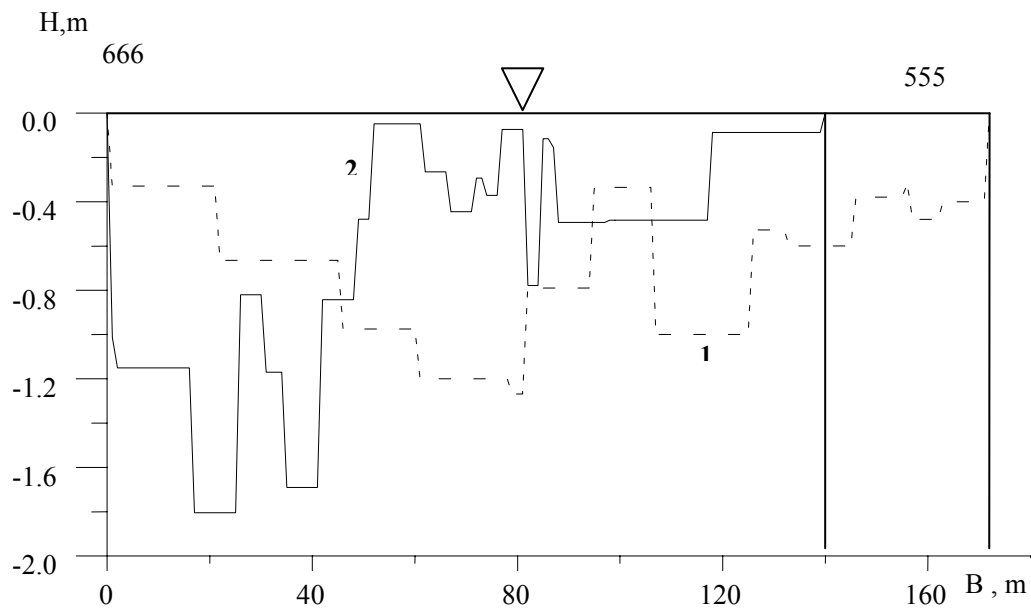


Рис. 1. Поперечные профили конуса выноса водомерного поста р. Балакенчай у г. Балакен:
1) до селей (март 2003 г.); 2) после селей (июль 2003 г.)

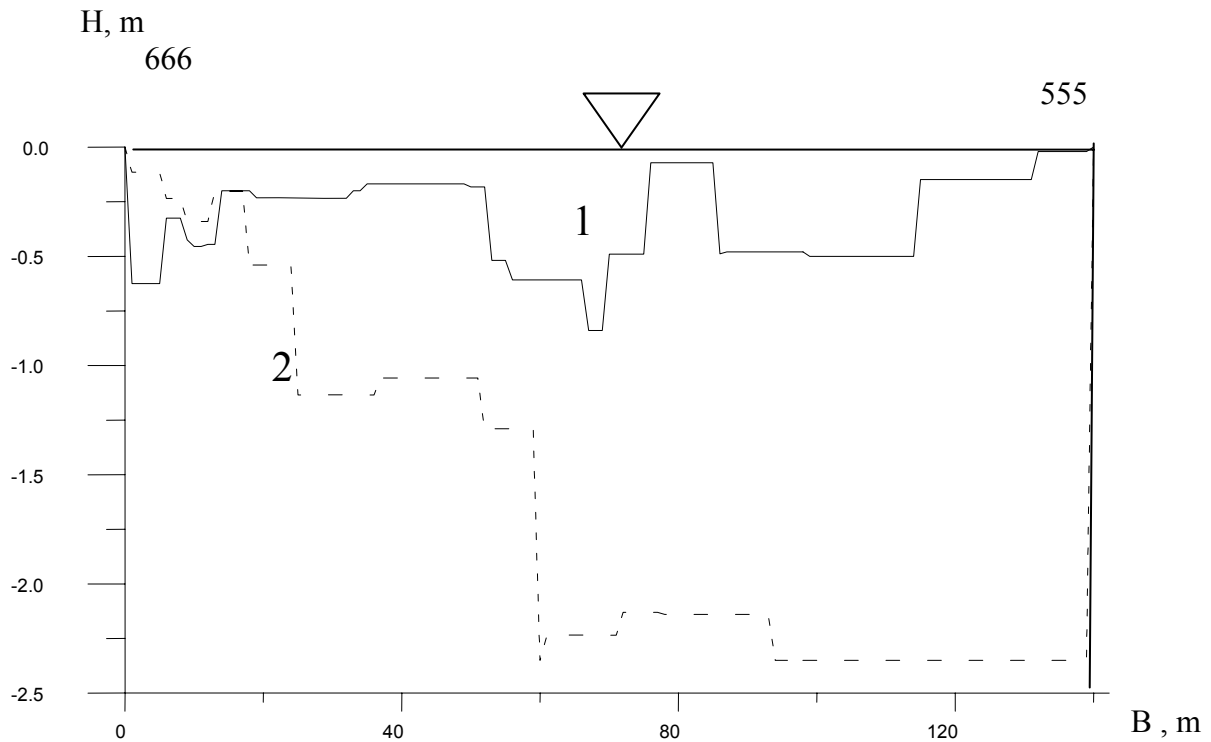


Рис. 2. Поперечные профили конуса выноса водомерного поста р.Талачай у города Загатылы:
1) до селей (март 2003 г.); 2) после селей (июль 2003 г.)

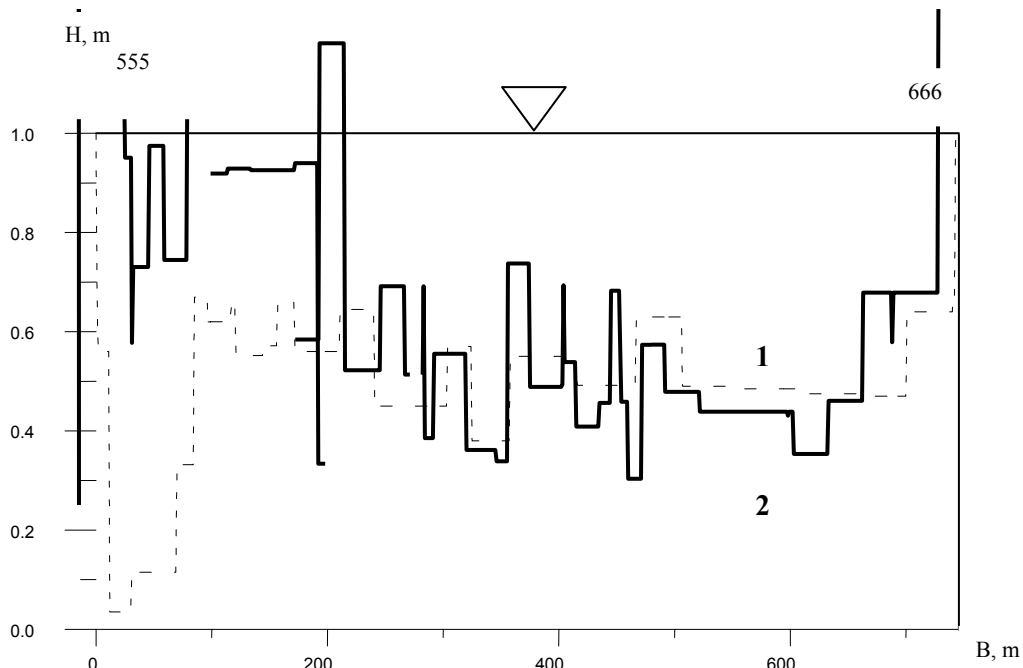


Рис. 3. Поперечные профили конуса выноса водомерного поста р. Мухаччай у селения Мухач:
1) до селей (март 2003 г.); 2) после селей (июль 2003 г.)

Анализ табл.1 показывает, что в 2003 г. с левой стороны конуса выноса р. Балакенчай между двумя профилями на расстояниях 49-94,107-172 м глубина размыва конуса выноса составляет 14-120 см, а на расстоянии до 43,94-107 м толщина аккумуляции селевого наноса – до 152 см. Площадь размыва русла составляет 71,70 км², а площадь аккумуляции 46,86 км². Отношение площади аккумуляции к площади размыва конуса выноса составляет 0,65 раза. Общая площадь селевых очагов 22 км² и селевые притоки 10 км², а коэффициент нарушения селя речного водосбора составляет 0,37.

Таблица 1

Характеристики отложения селевых материалов конуса выноса (июль 2003 г.)

Расстояние с правой стороны конуса выноса, м	Селевые отложения		Площадь селевых отложений по ширине конуса выноса, м ²	
	глубина размыва конуса выноса, см	толщина отложений, см	размыв	аккумуляции
1	2	3	4	5
1. Р. Балакенчай у г. Балакен (500 м выше моста)				
0-16		90		14,4
16-18		152		3,04
-	-	-	-	-
155-171	40		6,4	
171-172	20		0,2	
			∑71,70 м ²	∑46,86 м ²
2. Р. Талачай у г. Загатала (у нового моста)				
0-5		52		2,6
5-8		2		0,06
-	-	-	-	-
131-140	234		21,1	
140-163	234		53,8	
			∑242,14 м ²	∑3,46 м ²

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
3. Р. Мухачай у с. Юхары Чардахлар				
0-12		10		1,2
12-20	22		1,75	
-	-	-	-	-
714-740	2		0,52	
740-750	0			
			$\Sigma 20,56 \text{ м}^2$	$\Sigma 277,82 \text{ м}^2$
4. Левый рукав р. Курмукчай у г. Гах (у железного моста)				
0-4		65		2,6
4-14		90		9
-	-	-	-	-
95-103	56		4,48	
103-121	22		3,96	
			$\Sigma 35,40 \text{ м}^2$	$\Sigma 9,83 \text{ м}^2$
5. Правый рукав р. Курмукчай у г. Гах (у железного моста)				
0-1	42		0,42	
1-13	8		9,6	
-	-	-	-	-
60-69	40		3,6	
69-79	14		1,4	
79-85		60		3,6
87-95		50		4,0
95-103	56		4,48	
103-121	22		3,96	
			$\Sigma 35,40 \text{ м}^2$	$\Sigma 9,83 \text{ м}^2$

В 2004 г. во время паводка на расстоянии до 10 м площадь размыва конуса выноса составила 3,5 км², а на расстоянии 10-95 м площадь аккумуляции селевых наносов составила 42,3 км² (табл. 2). В этом году во время паводка площадь аккумуляции наносов стала в 10,2 раза больше, чем площадь аккумуляции селевых отложений в 2003 г.

Подобные полевые работы также были выполнены на конусе выноса р. Талачай. Результаты расчета нивелирования показывают, что в 2003 г. с левой стороны на расстоянии до 13 м толщина аккумуляции селевых наносов изменялась в пределах 2-52 см, а на расстоянии 13-163 м размыв конуса выноса – в пределах 18-234 см. За это время площадь размыва русла составила 242,14 м², а площадь аккумуляции селевых наносов – всего 3,46 м². Площадь аккумуляции по сравнению с площадью размыва конуса выноса стала незначительной – 0,014, а по сравнению с р. Балакенчай совсем незначительной. Общие площадь селевых очагов 64 км² и селевые притоки 11 км², а коэффициент нарушения сели речного водосбора по сравнению с р. Балакенчай несколько занижен и составляет 0,28.

Таблица 2

**Характеристики отложения речных наносов в конусе выноса
во время паводка (май 2004 г.)**

Расстояние с правой стороны конуса выноса, м	Речные отложения		Площадь наносов по ширине конуса выноса, м ²	
	глубина размыва, см	толщина аккумуляции, см	размыв	аккумуляции
1	2	3	4	5
1. Р. Балакенчай у г. Балакен (500 м выше моста)				
0-6	58		3,5	
6-10	0			
-	-	-	-	-
72-95		46		10,6
95-97		0		
			$\Sigma 3,5 \text{ м}^2$	$\Sigma 42,3 \text{ м}^2$

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
2. Р. Талачай у г. Загатала (у нового моста)				
0-15	12		1,8	
15-19	0			
-	-	-	-	-
99-110		194		21,3
110-126,5		234		37,4
			$\Sigma 1,8 \text{ м}^2$	$\Sigma 169,5 \text{ м}^2$
3. Левый рукав р. Курмукчай у г. Гах (у железного моста)				
0-12	24		2,9	
12-17	30		1,5	
-	-	-	-	-
139-182		40		17,2
182-183		132		1,32
			$\Sigma 28,48 \text{ м}^2$	$\Sigma 20,54 \text{ м}^2$
4. Правый рукав р. Курмукчай у г. Гах (у железного моста)				
0-4		0		
4-13	20		1,8	
-	-	-	-	-
116-124	24		1,9	
124-130	0		0	
			$\Sigma 13,4 \text{ м}^2$	$\Sigma 7,52 \text{ м}^2$

В 2004 г. во время паводка на расстоянии 15 м глубина размыва конуса выноса составила 12 см, а на расстоянии 19-126,5 м толщина селевой аккумуляции изменялась в пределах 84-234 см. Площадь размыва конуса выноса составляет $1,8 \text{ м}^2$, а площадь аккумуляции селевых наносов – $169,5 \text{ м}^2$. Наоборот, во время паводка площадь аккумуляции стала в 93 раза больше, чем площадь размыва конуса выноса. Это является одним из отличительных существенных признаков горных рек.

Наибольшей шириной конуса выноса отличается р. Мухахчай. Ширина конуса выноса составляет 750 м. Здесь также до и после прохождения сели произведено нивелирование по ширине конуса выноса. Анализ нивелирования показывает, что от правой стороны конуса выноса на расстоянии до 30 и 60-69, 82-96, 115-120, 133-144, 191-195, 195-210, 670-714, 714-740 м глубина размыва конуса выноса изменяется в пределах 2-40 см, а на расстоянии до 12 и 45-46, 155-171, 181-191, 220-670 м толщина аккумуляции изменяется в пределах 4-92 см. Соответственно площадь размыва русла рек составила $20,56 \text{ м}^2$, а площадь отложений – $277,82 \text{ м}^2$. По сравнению с р. Балакенчай и р. Талачай аккумуляция наносов здесь преобладает над размывом конуса выноса, а их отношение стало в 13,5 раза больше. Общая площадь селевых очагов водосбора 92 км^2 и селевые притоки 15 км^2 , а коэффициент нарушения сели речного водосбора по сравнению с прежними реками высок и составляет 0,59.

Другим характерным селевым бассейном является р. Курмукчай. От других рек р. Курмукчай отличается высоким осредком, расположенным в середине конуса выноса, что раздваивает его на рукава.

Анализ табл. 1 показывает, что с левой стороны конуса выноса левого рукава на расстояниях с 26-139, 149-176, 186-188 м глубина размыва конуса выноса изменяется в пределах 8-156 см, а на расстоянии до 26 и 139-149, 176-186-188, 188-241 м толщина аккумуляции селевых наносов изменяется в пределах 18-100 см. Соответственно площадь размыва конуса выноса составляет $99,72 \text{ м}^2$, а площадь аккумуляции – $70,12 \text{ м}^2$.

С правой стороны конуса выноса правого рукава на расстоянии до 13 и 16-28, 32-40, 40-52, 60-79, 85-87, 95-121 м глубина размыва конуса выноса изменяется в пределах 8-56 см, а на расстояниях 13-16, 52-60, 79-85, 87-95 м толщина аккумуляции селевых наносов – в пределах 14-60 см. Соответственно площадь размыва конуса выноса составила $35,40 \text{ м}^2$, а площадь аккумуляции – $9,83 \text{ м}^2$. Отношение площади аккумуляции к площади размыва конуса выноса составляет 0,25 раза.

Во время паводка в 2004 г. на левом рукаве правой стороны конуса выноса на расстояниях до 48 и 55-92 м глубина размыва конуса выноса изменялась в пределах 10-74 см, а на расстояниях 48-55, 92-183 м толщина аккумуляции селевых наносов – в пределах 4-132 см. Соответственно площадь размыва конуса выноса составила $24,48 \text{ м}^2$, а площадь аккумуляции – $20,54 \text{ м}^2$. В отличие от

р. Балакенчай и р. Талачай в р. Курмукчай отношение площади аккумуляции к площади размыва конуса выноса составляет 0,84 раза.

На правом рукаве правой стороны конуса выноса на расстояниях до 13 и 44-54, 96-124 м размыв конуса выноса составил 6-24 см, а на расстоянии 13-45 м аккумуляция селевых наносов составила 2-68 см. Соответственно площадь размыва конуса выноса 13,4 м², а площадь аккумуляции 7,52 м². Отношение площади аккумуляции к площади размыва конуса выноса составляет 0,56 раза. Общая площадь селевых очагов водосбора 105 км² и селевые притоки 12 км², а коэффициент нарушения селея водосбора составляет 0,30.

Решение вопроса было бы неполным без рассмотрения гранулометрического состава селевых отложений. Гранулометрический состав селевых отложений прежде всего определяет признаки состава транспортирующих селевых материалов. Это дает возможность различать обычный сток от половодья, а от паводков – сели. Следует отметить, что определение гранулометрического состава стока наносов рек в основном выполнено на основании отбора проб батометра, чему посвящен ряд работ [1-3; 6-10 и др.].

Первыми обобщениями, имеющими прямое отношение к исследуемой территории, являются работы [9], а в дальнейшем [1].

Исследователем [9] установлено среднее содержание отдельных фракций и вычислены средние диаметры взвешенных наносов 75 водомерных постов. На основании этого составлена карта крупности взвешенных наносов, из которой следует, что изменение крупности взвешенных наносов в основном соответствует зонам мутности рек.

Исследователем [1] для характеристики механического состава взвешенных наносов принята широко используемая в гидрологии шкала фракций. Автор подчеркивает, что по этой шкале систематизированы данные наблюдений над составом взвешенных наносов наиболее характерных рек республики до 1967 г., где можно проследить изменение крупности взвешенных наносов внутри года. К сожалению, автор в работе не дает таблицу.

Следует отметить, что гранулометрический состав русловых отложений изучался автором на 35 створах 16 типичных горных рек Азербайджана, из которых только 7 рек относятся к исследуемой территории [1]. Автор по диаметру стока наносов выделил 16 групп. По данным исследователя, нижний предел диаметра стока наносов составляет 0,05 мм, а верхний предел – 1500 мм, фракция 0,05 мм в весенне-летний сезон составляет 54-58%, а в летнее-осенний достигает 75-95%. Однако в представленной таблице это не наблюдается. Хотя исследователь пишет о месячном (июнь – август) распределении состава фракции меньше 0,05 мм, даже в зимний период его трудно обнаружить. По автору, объем фракционного состава меньше 0,05 мм имеет место в верховьях рек и на равнинах до 50%. В условиях южного склона Большого Кавказа d_{max}/d_{cp} в верхних течениях рек составляет 9,3-11,6, а при выходе рек из гор – 6,0-8,8, т.е. прослеживается уменьшение по длине рек, а в р. Виляшчай, наоборот, по длине реки увеличивается. Хотя исследователь попытался указанное отношение увязать с уклоном русла, но с этим трудно согласиться. Нам кажется, что закономерность в этом отношении должна быть такая же, как у р. Виляшчай. При этом автор упустил такой важный факт, как использование материалов селевых наносов в строительстве. Они в большом количестве используются на Большом Кавказе, в Ленкоранском районе при строительстве преобладает в основном кирпичный материал, при этом сохраняется природность конуса выноса.

В отличие от ранее выполненных работ [1; 9] по данным наблюдений над стоком взвешенных наносов соответственно до 1967 и до 1952 г., нами для исследуемой территории использована гранулометрия стационарных данных наблюдений Департамента Гидрометеорологии по 2007 г. и эпизодические экспедиционные данные автора за 1992–2010 г. Во время экспедиции для определения гранулометрического состава селевых отложений после прохождения сели нами окапывался шурф размером 70 x 70 x 70 см [5]. Вынутый из шурфа грунт складывался на подстилку и просушивался. Согласно требованиям гидрологических наставлений, грунт просеивался через сито с отверстиями менее 0,001; 0,001–0,005; 0,005–0,01; 0,01–0,05; 0,05–0,1; 0,1–2; 2–5; 5–10; 10–20; 20–50; 50–100 мм и выше 100-600 мм и каждая фракция взвешивалась. Все фракции проанализированы и отнесены к селевым отложениям.

После определения процентного содержания фракций по общему весу грунта, вынутого из шурфа, вычислялось их процентное содержание путем умножения процентного содержания каждой фракции на общий процент селевых отложений в шурфах и деления на 100%. Результаты расчета гранулометрического состава селевых отложений по месяцам приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Месячное распределение гранулометрического состава селевых отложений рек северо-восточного склона Большого Кавказа

Содержание, мм	Содержание частиц по весу, %												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Менее 0,001 мм	–	–	9-20	3-35	12-30	5-32	2-15	2-18	6-20	6-18	6	–	2-32
0,001-0,005	–	–	15-34	8-47	17-35	16-37	12-62	2-33	13-23	0,7-27	2	–	0,7-62
0,005-0,01	–	–	6-61	12-93	15-57	17-56	16-88	2-75	12-61	2-63	–	–	2-93
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50-100	–	–	8-11	11-42	10-16	6-31	14-38	4-35	10-30	10-20	14-21	–	10-42
Выше 100 мм	–	–	3-30	–	0,8-57	10-43	5-57	4-35	0,2-35	3-19	13-21	–	0,2-57

Таблица 4

Месячное распределение гранулометрического состава селевых отложений рек южного склона рек Большого Кавказа

Содержание частиц диаметром	Содержание частиц по весу, %												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Менее 0,001 мм	–	19	12-19	5-16	8-18	6-17	7-23	5-24	8-16	10-14	–	–	5-24
0,001-0,005	–	–	17-53	6-26	10-28	9-28	8-37	7-19	14-18	15-18	–	–	7-53
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50-100	–	20-22	10-39	14-27	10-30	10-20	11-39	15-37	10-27	6-16	15-23	10	6-39
Выше 100 мм	–	25	10-70	15-53	5-85	2-48	3-45	10-44	5-28	15-32	10	–	2-85

Анализ табл. 3 и 4 показывает, что на всех пунктах рек исследуемой территории на 15 интервалах, из которых особенно интервал 0,001-100 мм на северо-восточном склоне изменяется в пределах 0,1-93%, а в южном склоне 0,1-87%. При этом особенно за июнь – август прохождения мощных селей по склонам изменяется на 0,1-96% и 0,1-80%, а за сентябрь – ноябрь – на 0,2-80% и 0,1-83% соответственно.

Наши исследования показывают, что в весенний сезон на южном склоне верхний предел диаметра фракции на 0,005-0,01 мм меньше, чем на северо-восточном склоне. Другими словами, в весенние месяцы на южном склоне преобладают фракции с большим диаметром.

В летний период верхний предел в вышеуказанном интервале изменяется и составляет на южном склоне 54-80%, а на северо-восточном склоне – 56-88%, а в осенний сезон соответственно 77-83% и 61-71%.

Такое изменение можно наблюдать и в других интервалах. Особенно на южном склоне верхний предел фракционного состава выше 100 мм интервала изменяется на 28-50%, а на северо-восточном склоне – на 19-35%. Это показывает, что реки южного склона более селеносны, чем реки северо-восточного склона.

В 1964 г. при катастрофической сели на реках Талачай и Мухачай в распределении фракционного состава гранулометрии обнаружилась интересная закономерность. Так, после прохождения сели на правом берегу рек нами обнаружены отложения с большим диаметром селевых наносов, а с мелким, в виде взвешенных наносов, – на левом берегу. При интенсивности выпадения дождей со скоростью более 3 мм/мин. от верховья к устью на водосборах горных рек в прямолинейных конусах выноса на мощные сели действует сила Кориолиса, направляясь вправо. При сравнительно слабых селях эта сила ослабевает, а при наименьших стоках рек снижается до нуля, т. е. практически не действует.

Заключение

1. Установлено, что во время селей на реках исследуемой территории (исключая р. Мухачай) размыв конуса выноса доминирует над аккумуляцией, а во время паводков наоборот. Это объясняется тем, что селевые потоки проходят более интенсивно, чем паводки.

2. Исследования показывают, что в апреле на южном склоне Большого Кавказа фракционный состав грязевых селей в интервале 0,005-0,01 мм составляет 87%, а на северо-восточном склоне этот интервал достигает 96% в августе. Это свидетельствует о том, что реки южного склона более селеносны, чем реки северо-восточного склона.

3. Фракционный состав грязевых селей в интервале менее 0,1 мм показывает, что начало весеннего сезона по сравнению с летним проходит раньше, а его наблюдение в конце осени указывает на запаздывание летнего сезона.

Библиографический список

1. Ахундов С.А. Сток наносов горных рек Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1978. 98 с.
2. Бухин М.Н. К оценке гранулометрического состава: сб. докл. X Всесоюз. селевой конф. Ереван, 1968. С. 161-168.
3. Лопатин Г.В. Наносы рек СССР. М.: Географгиз, 1952. 366 с.
4. Мамедов Дж.Г. Селевые наносы и их отлагающие особенности конуса выноса. Природно-стихийное явление Шеки-Закатальского района и экогеографические проблемы развития региона (на азерб. яз.). Шеки, 2005. С.50-55.
5. Мамедов Дж.Г. Особенности годового распределения гранулометрического состава селевых наносов рек Большого Кавказа. Географические проблемы обеспечения экологической безопасности природно-хозяйственных систем // Тр. Географического общества Азербайджана. Баку. XIV т. 2009. С. 385-389. (на азерб.яз.)
6. Мамедов М.А., Махмудов Р.Н. Анализ гранулометрического состава донных отложений горных рек Азербайджанской ССР // Уч. зап. АГУ. Сер. геогл. и геогр. 1975. №2. С. 60-65.
7. Пашинский А.Ф. Гранулометрический состав русловых отложений горных рек флишевой зоны Крыма и Карпат: сб. докл. X Всесоюз. селевой конф. Ереван, 1968. С. 225-230.
8. Петухова Г.А. Зависимость объемного веса донных отложений от их гранулометрического состава // Тр. ГГИ. Л., 1966. Вып. 132. С. 82-89.
9. Рустамов С.Г. Гранулометрия речных наносов Азербайджанской ССР // Тр. ИГ Азерб. ССР. Баку, 1961. Т. X. С. 24-45.
10. Шамов Г.И. Гранулометрический состав рек СССР // Тр. ГГИ. Л., 1851. Вып. 18(72). 68 с.

J.H. Mamedov

**GRADATION STRUCTURE OF FLOW DEPOSITS AND ALLUVIAL
FANS AND THEIR REGULARITIES**

(based on torrents of Azerbaijani part of the Greater Caucasus)

The peculiarities of torrents' deposits, characterizing erosions and accumulations and also their fractional structure in alluvial fan were examined in the article. For this it was necessary to take out diametrical profile and dig round a dug-hole in alluvial fans before and after torrents takes place. It was carried out that in Southern slope of the Greater Caucasus 0.005- 0.1 mm fractional structure makes up 87 %, but in north-eastern slope it makes up 96%.

Key words: Erosion; accumulation; cone of deposit; fractional structure; alluvial fan.

Juma H. Mamedov, Candidate of Geography, Senior Research Fellow of Institute of Geography named after acad. H. Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS); 31 H.Javid ave., Baku, Azerbaijan Republic 1143; jumamamedov@yahoo.com