

УДК 551.482.215.3

Р. О. ТЕР-МИНАСЯН

## РАСХОД ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ СЕЛЕНОСНЫХ ПРИТОКОВ рр. ВЕДИ И ПАМБАК И ЕГО СВЯЗЬ С ПРИРОДНЫМИ ФАКТОРАМИ

Гидрометеорологические наблюдения на постах и станциях, расположенных на водосборах больших и средних рек, недостаточны для анализа селевого стока и выявления закономерностей его формирования.

Чтобы собрать необходимые количественные данные по твердому и жидкому стоку селевых паводков, экспедицией Арм. НИИ водных проблем и гидротехники были проведены полустационарные наблюдения над осадками и стоком в бассейнах рр. Веди (1966—1968 гг.) и Памбак (1969—1970 гг.).

В исследуемых бассейнах в течение весенне-летнего периода действовали установленные нами пять плювиографов, которые вместе с существующей ливнемерной сетью УГМС позволили с достаточной точностью определить количество, интенсивность и средневзвешенный слой паводкообразующих осадков.

Наблюдения за жидким и твердым стоком производились в руслах основных селеносных притоков р. Веди (Шагап, Кетуз, Маймудлу) и р. Памбак (Тандзут, Ванадзор, Бзовдал, Чигдамал, Тапанли) согласно методике, предложенной Каз. НИИГМИ [4]. Сущность этого метода заключается в следующем: во время прохождения селевых паводков через каждые 10—15 минут измеряются уровень, скорость и мутность потока. Эти измерения позволили получить гидрографы жидкого и твердого стока.

Анализ полученных материалов по осадкам и стоку позволил выявить следующие особенности ливневых селевых паводков. Селевые паводки в основном проходят между 18—22 часами, после выпадения интенсивных ливневых дождей. Подъем максимума гидрографа наступает очень быстро, в течение 10—30 минут, продолжительность спада в 2—10 раз превышает продолжительность подъема. Форма гидрографа твердой фазы паводка сходна с формой гидрографа жидкой фазы. Наблюдения показывают, что с увеличением расхода воды возрастает и расход наносов потока. Значительную часть взвешенных наносов составляют нерусловые наносы ( $< 0,05$  мм), которые транспортируются даже при небольших расходах.

Бассейны рассматриваемых рек сильно отличаются друг от друга по ряду признаков селеобразования (геология, рельеф, почвы и растительность, климат) и весьма интересны для анализа и сравнений.

Притоки р. Веди в основном расположены в полупустынной зоне и отличаются своими континентальными климатическими условиями. По

геологическому строению бассейны исследуемых водостоков представлены преимущественно мергелями, глинами, известняками. Наиболее распространенные разновидности почв суглинистые, каменистые и в разной степени эродированные буроземы. При выпадении даже небольших интенсивных ливней (10—15 мм) наблюдается сток воды, мутность которой до несколько десятков раз может превзойти мутность весенних снеговых паводков.

Притоки р. Памбак находятся в степной и лесной зоне. В геологическом строении бассейнов принимают участие туфобрекчии, туфопесчаники, порфириты юры, мела и эоцена. Преобладающие разновидности почв: горные темно-каштановые, горные черноземы и горно-луговые каштановые почвы.

Питание исследуемых селевых водотоков взвешенными наносами происходит за счет смыва почв с площади водосбора.

Несмотря на то, что на формирование и движение взвешенных наносов влияет большое число факторов, наблюдения показывают, что для некоторых рек вполне удовлетворительна простая зависимость между расходами наносов и соответствующими расходами воды.

Кривая расхода наносов в общем виде может быть выражена зависимостью  $R = KQ^n$  где  $R$ —расход наносов,  $Q$ —расход воды, а  $K$  и  $n$ —постоянные параметры. К настоящему времени имеется большое число эмпирических формул, выражающих зависимость расхода наносов не только от расходов воды, но и от ряда природных факторов, например, от уклона водотока, эродированности почв и т. п. [2, 3, 5]. Все они выведены на основании данных измерений гидрологических станций, имеющих большой ряд наблюдений. Нами сделана попытка на основании обобщения натуральных измерений (обработано 45 измерений с 13 водотоков) получить формулу зависимости расхода наносов от расхода воды и других природных факторов.

Измеренные пиковые расходы воды и расходы наносов приведены в таблице 1. Там же приведены величины параметров, обуславливающих расход взвешенных наносов.

На основании анализа существующих исследований по формированию селевых потоков нами выделены наиболее важные факторы: расход воды, эродированность почв и степень наличия на склонах легкосмываемых частиц, морфометрия бассейна и гидрометеорологические условия, предшествующие селю.

Выбранная нами эмпирическая зависимость имеет следующий вид:

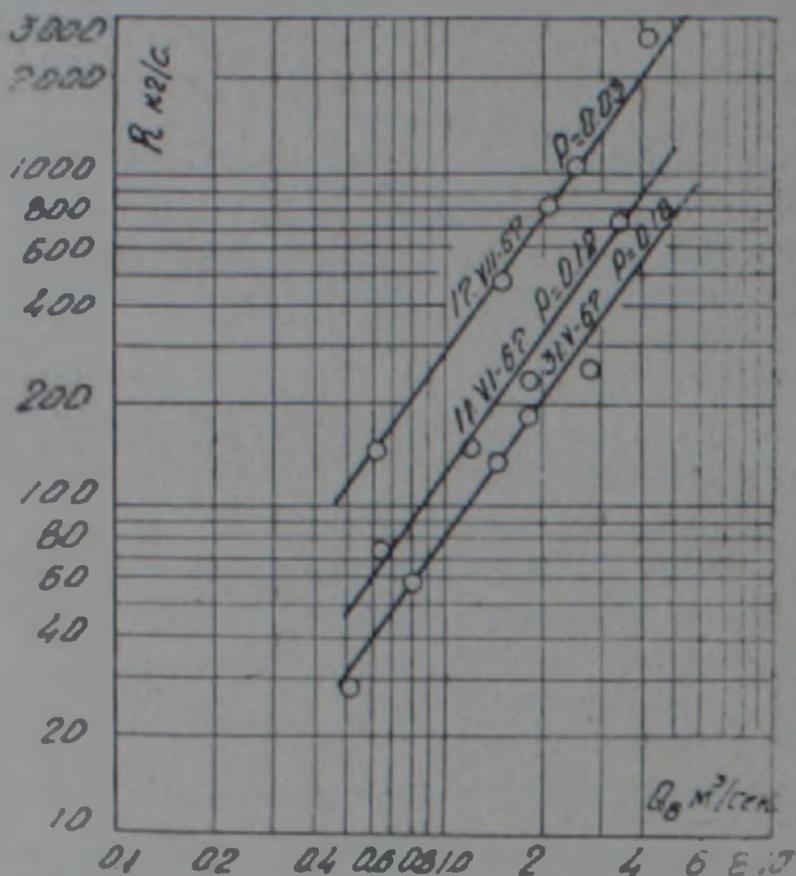
$$R = K \frac{Q_0^m \mathcal{E}^n G^x}{P^z}, \quad (1)$$

где  $R$  — расход наносов в кг/сек,  $Q_0$  — расход воды в м<sup>3</sup>/сек,  $\mathcal{E}$  — эрозийный параметр в ‰,  $G$  — морфометрический параметр, безразмерен,  $P$  — климатический параметр, безразмерен,  $K, m, n, x, z$  — эмпирические параметры, величины которых определены графически, путем последовательного исключения влияния определенного фактора.

Сведения о максимальных расходах наносов, воды и обуславливающих факторов

Название реки, створ	Бассейн	Дата прохождения паводка	Расход наносов $R$ , кг/сек	Расход воды $Q_{вв}$ , м <sup>3</sup> /сек	Площадь водосбора $F$ , км <sup>2</sup>	Средняя высота над ур. моря $H_{ср}$ , м	Высота устья над ур. моря, м	Эрозионный параметр $\mathcal{E}$ , ‰	Морфометрический параметр, $G$	Климатический параметр, $P$
1. Шаган — с. Шаган	Веди	7.VI.68	1470,0	11,2	60,6	1870	1275	18,0	0,006	0,20
2. Маймудлу — устье	Веди	17.VII.67	2570,0	4,2	40,3	1428	955	28,3	0,006	0,03
3. Кетуз — устье	Веди	16.VII.66	145,0	1,4	50,6	1620	959	16,0	0,009	0,02
4. Хосров — устье	Беди	20.VI.68	3,0	0,7	62,9	2110	1150	3,8	0,014	0,11
5. Лог в с. Азизкенд — устье	Веди	20.VI.68	253	1,9	3,5	1930	1530	8,7	0,046	0,19
6. Правобережный приток р. Веди—с. Келанлу	Веди	30.VI.68	1,8	1,0	32,1	2300	1725	1,4	0,010	0,10
7. Левобережный приток р. Веди—с. Азизкенд	Веди	20.VII.68	11,9	0,6	22,8	2000	1460	8,3	0,013	0,16
8. Тандзут, г. Кировакан	Памбак	14.VIII.70	1100	5,7	40,6	2360	1420	16,0	0,022	0,16
9. Ванадзор, г. Кировакан	Памбак	6.VIII.70	12,6	3,3	43,1	1950	1395	1,8	0,007	0,11
10. Чигдамал — мост на ш/д Кировакан—Ленинакан	Памбак	14.VIII.70	2370	16,3	19,0	1900	1540	7,6	0,007	0,10
11. Тапанли — устье	Памбак	14.VIII.70	7850	29,5	3,2	1810	1580	4,7	0,026	0,09
12. II лог в с. Лермонтово	Памбак	14.VIII.70	433	6,5	2,6	2237	1800	6,0	0,074	0,16
13. IV лог в с. Лермонтово	Памбак	7.VIII.70	19,5	0,40	2,0	2085	1810	10,0	0,038	0,11

На первом этапе установлена связь между расходом наносов и расходом воды (фиг. 1). Как видно из графика фиг. 1, указанная зависимость одинакова для различных паводков, но величины отрезка, отсекае-



Фиг. 1.—График зависимости расхода взвешенных наносов от расхода воды.

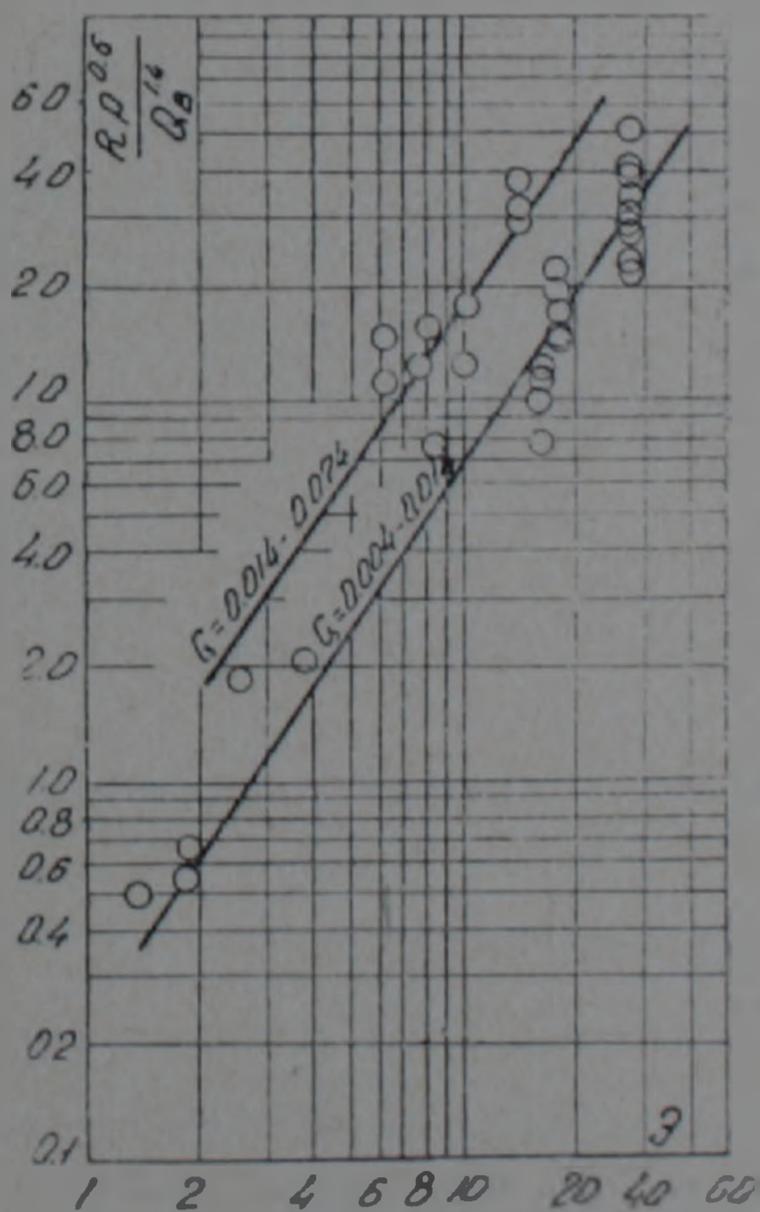
мого линией на оси абсцисс, различны. Это объясняется различными величинами климатического параметра  $P$ . Известно, что ход метеорологических факторов оказывает существенное влияние на интенсивность разрушения горных пород. Это связано с ливневым режимом выпадающих осадков и с чередованием засушливых и дождливых периодов. Если дожди в определенный период времени выпадают довольно часто и распределяются равномерно, то рыхлообломочный материал на склонах не успевает подготовиться. Коэффициент  $P$  учитывает это обстоятельство.

$P = \frac{P_1}{P_{12}}$ , где  $P_1$  и  $P_{12}$  соответственно месячное и годовое количество осадков, предшествовавших данному селю. При отсутствии данных о месячном и годовом количестве осадков, можно использовать средние многолетние данные ближайшего метеорологического поста.

Степень эродированности почво-грунтов является главнейшим фактором формирования взвешенных наносов. В 1960—64 гг. в АрмНИИГиМ, под руководством М. В. Цовяна, на основании обработки крупномасштабных аэрофотосъемок составлены карты эродированности селеносных бассейнов республики. Карты эродированности позволили определить относительно активную площадь селеобразования  $f_{\text{акт}}$ , оценивающую степень эродированности селевых бассейнов по отношению селеобразующих очагов к площади бассейна. Карта районирования территории Армянской ССР по  $f_{\text{акт}}$  приведена в работе [1]. Не только эродированность почв, но и их механический состав влияют на формирование взвешенных наносов. Например, наличие на склонах глинистых частиц резко увеличивает мутность потока. Если два бассейна имеют одинаковую

$f_{\text{акт.}}$  по разное процентное содержание глинистых частиц ( $<0,05$  мм), то они по-разному будут питать селевой поток наносами. Процентное содержание частиц с диаметром  $<0,05$  мм обозначим через  $f_{0,05}$ , который получается из инженерно-геологических или геоморфологических карт планиметрированием площадей определенных комплексов групп коренных пород, содержащих в коре выветривания или маломощном делювиальном слое соответствующий процент фракции  $<0,05$  мм. Умножая  $f_{\text{акт.}}$  на средневзвешенное по бассейну  $f_{0,05}$  получаем эрозионный параметр Э, который характеризует не только эродированность, но и механический состав почвогрунтов водосбора. Для определения  $f_{0,05}$  по бассейну р. Веди, нами использованы данные С. П. Бальяна и Х. Е. Назаряна, а по бассейну р. Памбак—данные Н. И. Айдиняна. Влияние эрозионного параметра на величину расхода наносов показано на графике фиг. 2.

На графике фиг. 2 выделяются две зоны группировки точек, что можно объяснить различием особенностей рельефа указанных речных бассейнов. Из морфологических характеристик средняя высота бассейна



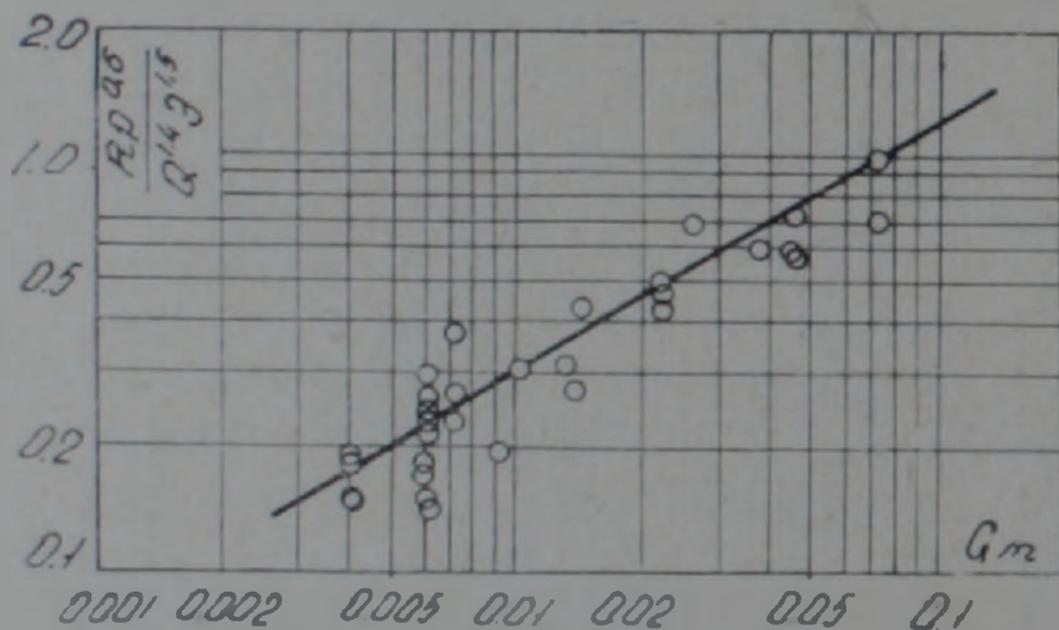
Фиг. 2.—График зависимости параметра  $\frac{R P^{0,6}}{Q_B^{1,4}}$  от эрозионного параметра

достаточно хорошо выражает воздействие рельефа на эрозионную деятельность ливневых вод, с учетом уклонов склонов и речного русла. Однако, использование лишь средней высоты еще недостаточно, т. к. если два бассейна имеют одинаковую среднюю высоту, но разные площади

водосбора, они по-разному будут влиять на смыв почвы. Орографический коэффициент, или, как мы называем, морфологический коэффициент, использованный французским исследователем Ф. Фурнье [6], для анализа эрозии рек ряда стран мира (Франция, Италия, США, Китай, Ирак и др.), разрешает ближе подойти к решению данной задачи. Морфометрический коэффициент получается умножением разницы между средней и минимальной высотой бассейна ( $\bar{H} = H_{\text{ср}} - H_{\text{мин}}$ ) на коэффициент массивности рельефа, установленный Е. Мартоном [6]. Коэффициент массивности рельефа  $-\text{tg}\alpha = \frac{\bar{H}}{F}$ .

Морфометрический коэффициент  $G = \bar{H}\text{tg}\alpha$  согласует две основные переменные величины рельефа: ее высоту и уклон, которые характеризуют энергетический потенциал водосбора. Влияние этого фактора показано на графике фиг. 3. Графическую связь на фиг. 3 можно выразить в виде:

$$\frac{RP^{0,6}}{Q^{1,4}\varepsilon^{1,5}} = KG^{0,6}. \quad (2)$$



Фиг. 3.—График зависимости параметра  $\frac{RP^{0,6}}{Q^{1,4}\varepsilon^{1,5}}$  от морфологического параметра.

Параметр  $K$  определяется как среднее значение параметра  $K = \frac{RP^{0,6}}{Q^{1,4}\varepsilon^{1,5}G^{0,6}}$ , вычисленного для каждого расхода в отдельности.

Среднеарифметическое значение  $K = 4,70$ . Таким образом, формула для определения расхода наносов имеет следующий вид:

$$R = 4,70 \frac{Q^{1,4}\varepsilon^{1,5}G^{0,6}}{p^{0,6}}. \quad (3)$$

Для проверки полученного уравнения (3) подсчитаны отклонения вычисленных значений от наблюдаемых. Среднеквадратичное отклонение полученной зависимости составляет 20,5%, причем в 87% случаев ошибка не превышает  $\pm 30\%$ .

## Ռ. Ն. ՏԵՐ-ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ՎԵՊԻ ԵՎ ՓԱՄԲԱԿ ԳԵՏԵՐԻ ՍԵԼԱՎԱՔԵՐ ՎՏԱԿՆԵՐԻ ԿԱԽՎԱԾ  
ՋՐԱՔԵՐՈՒԿՆԵՐԻ ԵԼՔԸ ԵՎ ՆՐԱ ԿԱՊԸ ԲՆԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ՀԵՏ

## Ա մ փ ո փ ու մ

Սելավային հոսքի մեծությունը մեծ և փոքր գետերի վրա շափելու և նրա ձևավորման պայմանները բացահայտելու համար սովորական հիդրոմետերոլոգիական դիտարկումներն անբավարար են:

Վեդի (1966—68 թթ.) և Փամբակ (1969—70 թթ.) գետերի ավազաններում անձրևների և սելավային հոսքի մեր կողմից կատարված դիտարկումների արդյունքները թույլ են տալիս պարզելու սելավային հեղեղների հետևյալ առանձնահատկությունները:

Սելավները տեղի են ունենում մեծ մասամբ երեկոյան ժամը 18-ից 22-ը: Հիդրոգրաֆի մաքսիմումի վերելքը շատ արագ է ընթանում, 10—30 րոպեում: Հիդրոգրաֆի անկման տևողությունը 2—10 անգամ գերազանցում է վերելքի տևողությանը: Հեղուկ և կոշտ հոսքի մաքսիմումները դիտվում են միաժամանակ:

Կատարված դիտումների արդյունքների մշակումը թույլ տվեց ստանալու մի բանաձև, որի օգնությամբ, եթե հայտնի են հեղուկ ելքը, ջրահավաք ավազանի հողերի էստրացման աստիճանն ու մորֆոմետրիկական առանձնահատկությունները, ինչպես նաև նախքան սելավը թափված անձրևների ամսական և տարեկան քանակությունը, հնարավոր է հաշվարկել սելավների կախված բերվածքների ելքը:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Временные методические указания по расчету основных параметров ливневых селевых паводков на территории Армянской ССР. Ереван, 1972.
2. Лопатин Г. В. Наносы рек СССР. Географгиз, М., 1952.
3. Маккавеев В. М. Русло реки и эрозия в ее бассейне. Изд. АН СССР, М., 1955.
4. Методические указания по организации и производству наблюдений над селевыми потоками. Гидрометеонздат, Л., 1961.
5. Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометеонздат, 1946.
6. Fournier Frederic. Climat et Erosion, presses universitaires de France. Paris, 1960.