

- землетрясений Кавказа.—Сообщения АН Груз. ССР, 1968, том 10, №1,
9. Землетрясения в СССР в (1971—81 гг.) М.: Наука,
10. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959, 285 с.
11. Назаров А. Г., Дарбинян С. С. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1974. 165 с.
12. Сейсмологический бюллетень Кавказа (выпуск 1971—79 гг.). Тбилиси:
13. Trifunac M., Lee V. Uniformly processed strong Earthquake ground accelerations in the western United States of America for the period from 1933 to 1971: Corrected acceleration, velocity and displacement curves. Los Angeles, California: 1978, 220 p.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 6, 44—51.

УДК 551.311.234(479.25)

Г. П. МКРТЧЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОГНОЗА ЭРОЗИИ ПОЧВ В АРМЯНСКОЙ ССР

В статье рассматриваются особенности формирования и распределения поверхностного стока в отношении развития эрозионных процессов. В отдельности рассматриваются талые и дождевые составные поверхностного стока, отличающиеся друг от друга селеактивностью и эрозионностью. На основе многолетних метеорологических наблюдений выведена определенная функциональная зависимость между жидким и твердым стоками рек АрмССР.

Территория Армянской ССР считается одной из наиболее селеносных и эродированных среди других союзных республик, где на площади примерно 30 тыс. кв. км ежегодно формируются в среднем до 7,1 куб. км поверхностного и 5,2 млн. т взвешенно-влекомого стоков, при среднегодовом объеме атмосферных осадков более чем 18 куб. км. Характерной особенностью стока рек является раздробленность, обусловленная гористостью и изрезанностью рельефа, в условиях которого атмосферные осадки стекают сразу или спустя несколько часов после выпадения. Этим и объясняется, что на водосборах максимум стока наблюдается преимущественно в эти дни, в связи с чем часто повторяющиеся дождевые паводки отличаются высокой селеносностью и эрозионной разрушительностью.

Принимая во внимание существующую прямо пропорциональную зависимость между жидким и твердым стоками рек, при прогнозе вероятного смыва почв необходимо учитывать неравномерность годового распределения поверхностного стока во времени и в пространстве. Известно, что большинство рек АрмССР характеризуются весенне-летним половодьем, в период которого проходят 40—85% жидкого и 50—90% твердого годовых стоков. Что же касается территориального распределения, то более половины жидкого и 2/3 твердого суммарных годовых стоков республики формируются в зоне складчато-глыбовых гор, составляющих примерно 40% площади Армянской ССР. Поскольку наиболее водоносные реки характеризуются снего-дождевым питанием, для прогноза стока и эрозии почв целесообразнее в отдельности оценить роль талых и дождевых вод в их формировании и распределении.

Территория Армянской ССР, как правило, не отличается особым обилием твердых осадков, составляя в среднем 22—25% среднегодовой суммы осадков, величина которой в республике колеблется в пределах 200—1150 мм, хотя выше 3000 м процентная доля снежных осадков достигает 30—40% от годовой суммы. В результате морозоустойчивости зимнего периода года, мало вероятных и слабых оттепелей, замкнутости территории, преобладания инверсионных явлений и т. п., продолжи-

тельность снегозалегания в АрмССР сравнительно дольше, чем в соседних районах тех же широт. Но из-за малоснежности, в местах с устойчивым образованием снежного покрова (выше 1200 м) высота снежной подстилки варьирует от 15—20 до 150 см, при плотности снега перед началом таяния 0,1—0,6 г/см³. А это значит, что в АрмССР слой влагозапасов снежного покрова перед таянием колеблется в широких пределах от 20—30 до 400—500 мм.

Объем талого стока в известной мере зависит от физических свойств снега, в частности, от плотности, влажности и структуры (зернистости). Опытами установлено, что существует обратно пропорциональная взаимосвязь между плотностью снега и коэффициентом поглощения радиации снежного покрова [2]. Значение последнего в вышеупомянутых пределах изменения плотности снега варьирует от 2,0 до 0,82, т. е. при меньшей плотности снега таяние протекает гораздо дружнее и с меньшей величиной сезонных потерь. В расчетах талого стока важно учесть и потери, вызванные состоянием подстилающей поверхности или термическими условиями погоды. Для этой цели предлагаем следующую упрощенную формулу:

$$q = \frac{x \cdot h_{ж}}{k \cdot h_{т}} \tag{1}$$

где q —слой талого стока в мм, x —среднегодовая сумма твердых осадков в мм, $h_{ж}$ и $h_{т}$ —содержание воды в снежном покрове соответственно в жидкой и твердой фазах в см, k —коэффициент испарения, учитывающий вероятность одновременного таяния снега в зависимости от среднесуточной температуры воздуха периода снеготаяния. В табл. 1 приведены значения k в диапазоне суточных температур воздуха от 0°C до +10°C [4].

Таблица 1

Изменение коэффициента испарения с поверхности снежного покрова в зависимости от среднесуточной температуры воздуха (по Сулаквелидзе Г. К.).

Температура воздуха (град)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент испарения	0.12	0.18	0.25	0.30	0.37	0.41	0.45	0.48	0.52	0.60

Расчеты, выполненные по вышеуказанной формуле (1), свидетельствуют, что в Армянской ССР на разных высотных поясах слой годового талого стока составляет от 5—10 до 150—350 мм, с вертикальным градиентом увеличения слоя талого стока 5—20 мм на 100 м подъема. Следовательно, можно полагать, что объем талого стока представляет функционально зависимую величину от высоты водосборной площади, а эродирующая деятельность талых вод интенсивнее проявляется в участках, с высотой ниже средней того же бассейна. Во-вторых, в Армянской ССР с высотой местности коэффициент талого стока возрастает с вертикальным градиентом 0,01—0,02, варьируя в пределах 0,09—0,65. И в-третьих, процентная доля талого компонента в суммарном годовом стоке увеличивается от 0—5 до 40—65%, хотя скорость поступления талых вод в русла потоков при этом убывает от 1,5 до 0,75 мм/сутки.

В формировании и развитии поверхностного стока и эрозионных процессов особую роль играют атмосферные осадки теплого периода года, выпадавшие в виде дождей, ливневость которых в период максимального уровня воды в реках достигает наибольших величин. К примеру, из отобранных 500 случаев выпадения дождей со слоем 10 мм и более, их по-месячное распределение имело следующую картину: май—25%, июнь—29%, июль—20%, август—18%, сентябрь—8%. Эрозионная опасность периода весеннего половодья хотя и объясняется переувлажненным состоянием почв, с еще не успевшим подрасти

почвенно-защитным растительным покровом, тем не менее главная особенность их эрозийности заключается в характере выпадания и в абсолютных значениях осадков, предопределяющих высокие показатели коэффициента месячного поверхностного стока (0,5—0,85).

Сказанное подтверждается нашими наблюдениями. Для определения некоторых физических характеристик дождей, представляющих в эрозионном отношении определенную значимость, по тридцати метеостанциям республики были рассчитаны средневзвешенный слой, продолжительность и интенсивность май-сентябрьских дождей, характеризующихся слоем непрерывного выпадания более 10 мм, продолжительностью не более 5 часов и максимальной 30-минутной интенсивностью более чем 0,2 мм/мин. Сгруппировав полученные данные по отдельным месяцам, вычислены также средневзвешенные эрозионные индексы дождей, скорости падения и диаметральные массы дождевых капель [3], результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Некоторые физические характеристики эрозионно-опасных дождей за период их наибольшей повторяемости (май-сентябрь)

Месяцы	Слой (мм)	Продолжительность (мин)	Интенсивность (мм/мин)	Эрозионный индекс	Скорость падения капли (м/с)	Диаметральная масса (мм)
Май	17,3	180	0,096	1,39	4,18	1,08
Июнь	19,5	120	0,162	2,28	4,52	1,25
Июль	19,2	135	0,142	2,29	4,40	1,20
Август	18,4	90	0,204	2,48	4,70	1,35
Сентябрь	16,7	170	0,098	1,13	4,18	1,08

Прежде, чем перейти к разбору полученных показателей, необходимо обратить внимание на некоторые обстоятельства. Обычно майским и июньским ливням предшествуют морозящие или обложные дожди, как бы подготавливая почвенный покров к серьезным испытаниям, поскольку при наличии водяной пелены, разбрызгивание почвенных частиц происходит интенсивнее, чем при сухой почве. Во-вторых, ливни периода половодья характеризуются несколькими пиками резкого возрастания интенсивности выпадания, максимум которых приходится на середину дождя. И в-третьих, большая часть май-июньских ливней выпадает после полудня, когда затраты влаги на испарение постепенно уменьшаются.

Расчетные данные (табл. 3) свидетельствуют о том, что в течение рассматриваемого периода года наибольшей эрозийностью выделяются летние осадки. Но с другой стороны они считаются наименее сточными, т. к. в этот период года усиливаются местные (азональные) гидро-метеорологические циркуляционные процессы, как периодичность горно-долинных ветров, сравнительно ровный суточный ход изменения температуры воздуха и поверхности почвенного покрова, ослабление механического выветривания, сухость и выветривания, сухость и высокая инфильтрация почв и т. д.

Поэтому в эрозионном отношении более смывоопасны апрель-июньские дожди, отличающиеся значительной разрушительностью. Объясняется это прежде всего тем, что в течение данного периода года на единицу площади приходится наибольшая эрозионная перегруженность, обусловленная не только разрушающей «бомбардировкой» дождевых капель, но и смывоопасностью проточных вод. Пользуясь данными диаметальной массы дождевых капель, можно вычислить их кинетическую энергию по формуле [6]:

$$E_k = 440 \cdot d^4, \quad (2)$$

где E_k —кинетическая энергия капли дождя в г. см², а d —диаметр капли в см. Выясняется, что при наибольших значениях E_k августовских дождей (табл. 3) в отношении смыва и размыва почв более эрозионно-опасными являются весенне-летние дожди, т. к. отличаются фронтальным характером выпадания и гораздо большим захватом площади

одновременного стокообразования, а значит и умноженной энергией почворазрушения.

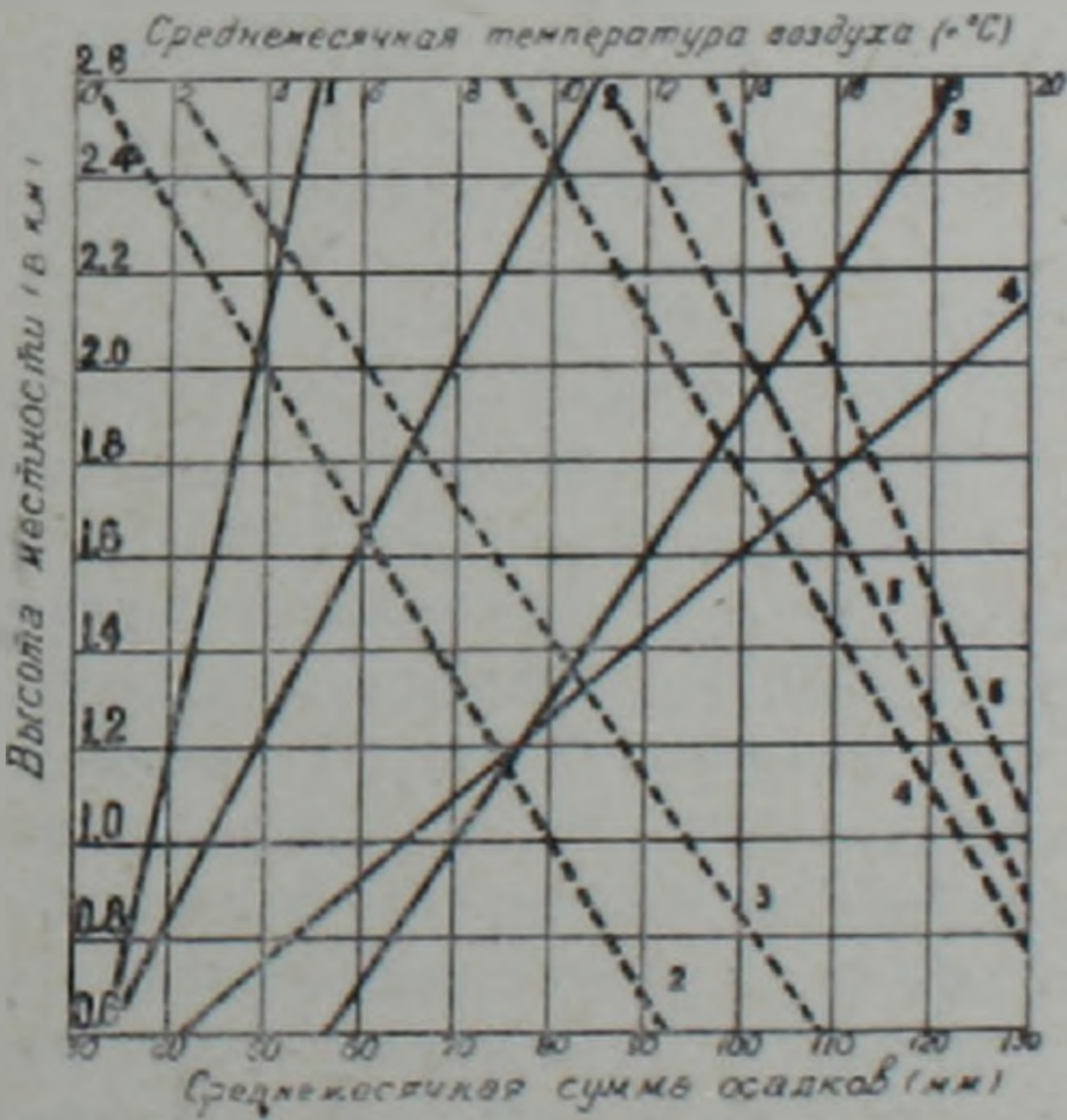
Таблица 3
Средневзвешенные показатели потенциальной разрушительности дождей по отдельным месяцам

Месяцы	Кинетическая энергия капли ($г \cdot см^2$)	Периодичность выпадения (с)	Количество капель за 1 с (штук)	Мощность дождя за 1 мин ($кг \cdot м^2$)	Мощность дождя за среднюю продолжительность ($кг \cdot м^2$)
Май	$5,98 \cdot 10^{-2}$	0,03	2145	7,68	1382,4
Июнь	$10,74 \cdot 10^{-2}$	0,028	2215	14,28	1713,6
Июль	$9,11 \cdot 10^{-2}$	0,029	2170	11,88	1603,8
Август	$14,61 \cdot 10^{-2}$	0,026	2280	19,98	1798,2
Сентябрь	$5,98 \cdot 10^{-2}$	0,03	2145	7,68	1305,6

Ознакомившись с особенностями выпадения твердых и жидких осадков, условиями формирования талого и дождевого стоков в Армянской ССР, рассмотрим некоторые вопросы прогноза поверхностного стока и эрозии почв в республике. Для этих целей в качестве основных критериев были отобраны среднemesячные значения атмосферных осадков и температуры воздуха.

Сопоставляя метеорологические данные, выясняется, что в период половодья наибольшей компактностью точек функциональной зависимости между среднemesячными значениями осадков и температурой воздуха выделяются март-май месяцы, обусловленные высокими показателями коэффициента корреляции (r)—0,92—0,74. Между тем из-за большой разбросанности точек, июнь-август месяцы почти не подчиняются четко обозначенной линейной зависимости, т. к. величина r очень мала—0,35—0,20. Причиной этому служат местные микроклиматические условия, в результате которых резко повышается роль местных осадков в по-месячном распределении атмосферной влаги общего характера. Поэтому представляется более уместным выявление функциональных зависимостей изменения интересующих нас параметров по высоте местности (рис. 1).

Рис. 1 Распределение среднemesячных значений температуры воздуха (пунктирные линии) и атмосферных осадков (сплошные линии) по высоте местности: 1—март, 2—апрель, 3—май, 4—июнь, 5—июль, 6—август.



Из составленных графических кривых следует, что по характеру изменения среднесуточных температур воздуха наиболее растянутым является май месяц, в течение которого предел изменчивости упомянутого параметра достигает более 20 градусов, с вертикальным градиентом изменения 0,77 град на 100 м подъема. А в августе месяце те же показатели равны соответственно 15,5 град и 0,53 град на 100 м возвышения. По схожему принципу можно определить, что в отношении распределения месячных осадков по высотным поясам наиболее

укороченным ходом характеризуется март месяц, с амплитудой изменчивости 50 мм и с вертикальным градиентом 2 мм на 100 м подъема, тогда как в июне месяце те же значения равны соответственно 105 мм и 4,7 мм.

Для рассмотрения некоторых общих закономерностей внутригодового распределения жидкого и твердого стоков рек, обсудим сперва взаимосвязь между среднесезонными значениями атмосферных осадков и слоем поверхностного стока. Как видно, с высотой местности коэффициенты вариации слоя стока и осадков за период половодья закономерно уменьшаются в пределах соответственно 1,2—0,15 и 0,88—0,12. Поэтому на водосборах с площадью более 1000 км² и с перепадом высот более 1500—2000 м отклонения от общепринятых закономерностей зависимости между вышеперечисленными параметрами весьма ощутимы. На рис. 2 приведены графические кривые внутрисезонного распределения осадков и слоя поверхностного стока по некоторым основным бассейнам рек Армянской ССР [1, 8].

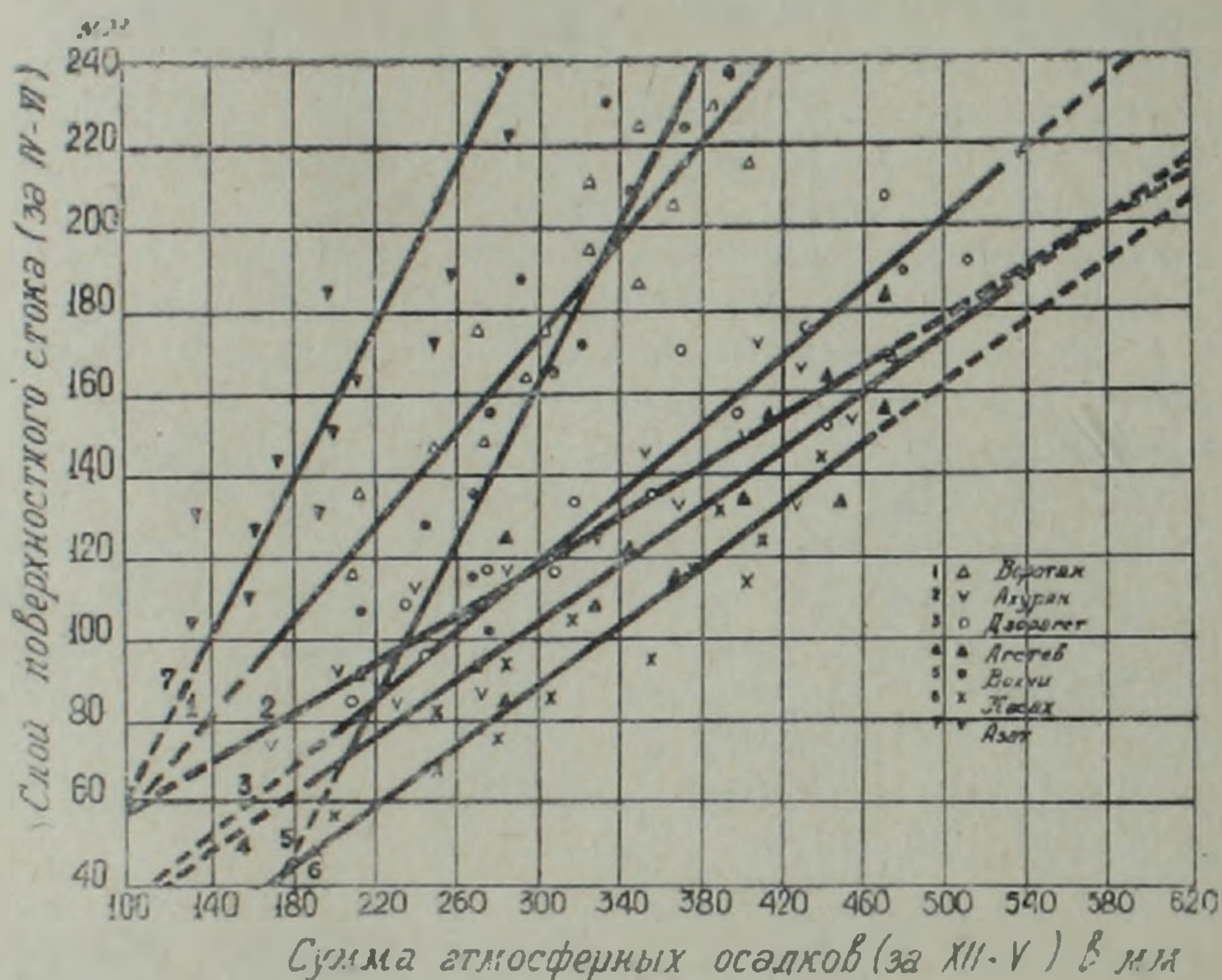


Рис. 2. Зависимость слоя поверхностного стока за половодье от суммы зимне-весенних атмосферных осадков по некоторым основным бассейнам рек Армянской ССР.

Составленные графики позволяют заключить, что из отобранных семи примеров наиболее тесной зависимостью среднесезонных значений осадков и стока отличается бассейн р. Азат до села Гарни (кривая № 7), что объясняется высокой зарегулированностью стока. А наименьшей зависимостью выделяется бассейн р. Касих выше гор. Аштарака (кривая № 6), со средневзвешенным коэффициентом стока за половодье 0,5—0,3, что объясняется большим водозахватом в Апаранском водохранилище. В целом же по характеру функциональной зависимости между зимне-весенними осадками и поверхностным стоком за половодье, в Армянской ССР можно выделить два подрайона: внешний, или периферийный, и внутренний, или центральный.

В состав первого входят бассейны рек северо-восточных и юго-восточных районов республики, где при увеличении суммы осадков за декабрь-май месяцы на 50 мм, сток за половодье (апрель-июнь) возрастает в среднем на 40—25 мм. В состав второго подрайона входят бассейны рек сравнительно засушливых и слабосточных вулканических районов, где на увеличение осадков за зимне-весенний сезон года до 50 мм, средний прирост поверхностного стока за половодье составляет 20—15 мм. Здесь исключение составляет лишь бассейн р. Азат. Надо отметить также, что эродирующая сила водотоков во

многом определяется протяженностью, уклоном, скоростью, шириной, глубиной потоков. Поскольку в период половодья вышеперечисленные параметры характеризуются многократно повышенными значениями по сравнению со среднегодовыми их показателями, то целесообразнее всего выявить функциональную взаимосвязь между расходами воды и взвешанно-влекомых наносов за период половодья (рис. 3).

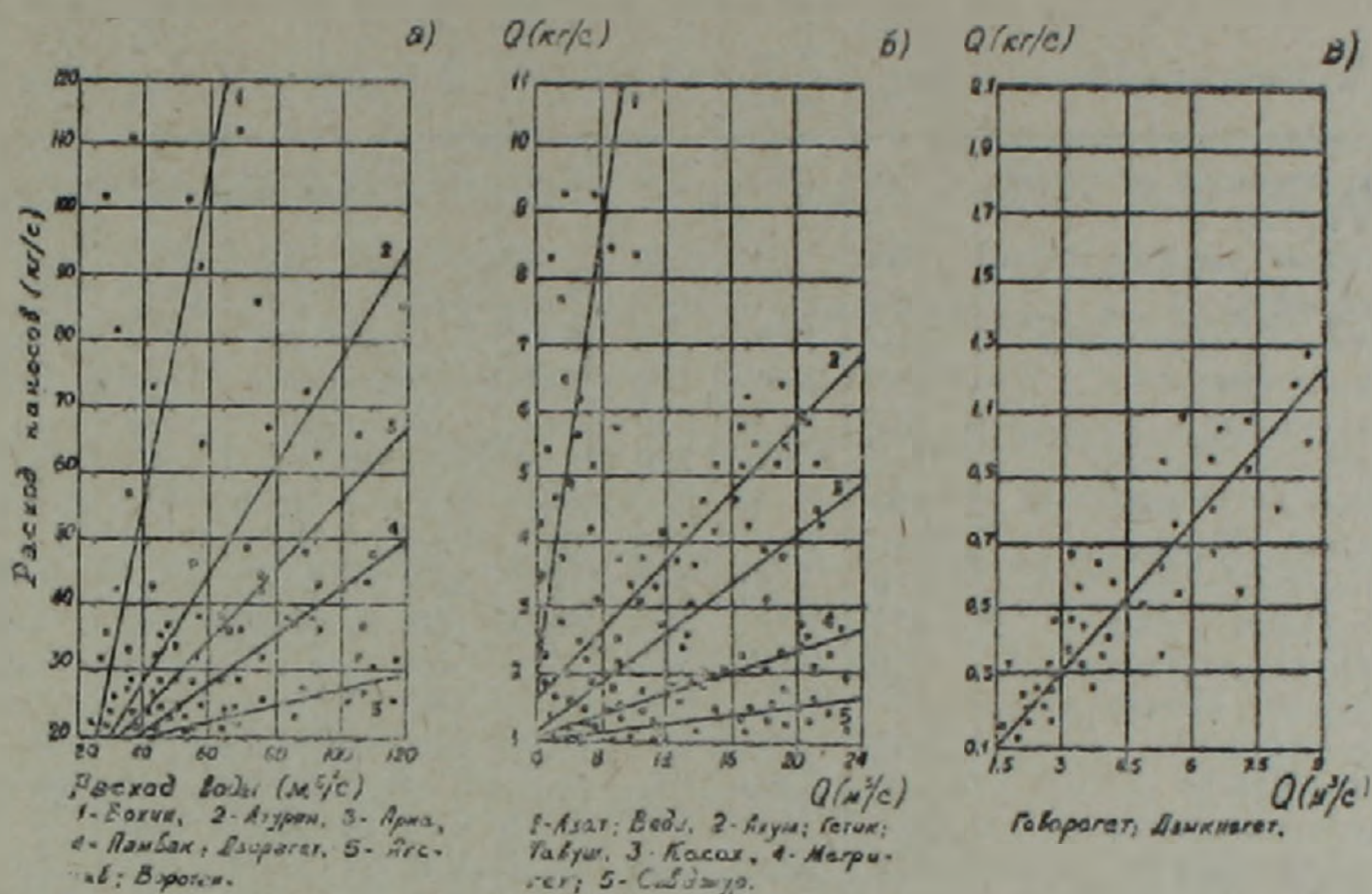


Рис. 3. Зависимость расходов взвешанно-влекомых наносов от расходов воды за весенне-летнее половодье по некоторым основным бассейнам рек Армянской ССР.

По степени эродированности наиболее смывоопасным в республике является бассейн р. Памбак, что обусловлено геологическим строением поверхности, представленной сравнительно менее проницаемыми породами, считающимися относительными водоупорами: граниты, гранодиориты, снениты и т. д. В бассейнах, относящихся к участкам с трещиноватыми лавами, где подземное питание составляет 60—90% годового стока, модульные значения годового твердого стока в 2,5—6 раза уступают вышеуказанному бассейну [7]. Исходя из составленных графиков (рис. 3) и эрозионных характеристик водосборных бассейнов, реки Армянской ССР по характеру эрозионности и селеактивности можно сгруппировать в три подвида: сильноэродирующие, средне—и слабоэродирующие [5].

Сильноэродирующие реки (рис. 3, а) характеризуются большой амплитудой высотных отметок бассейнов, обуславливающей затяжной и продолжительный характер прохождения максимального уровня воды, более ровный характер внутригодового и по-сезонного распределения жидкого и твердого стоков. Средние значения расходов воды и наносов в период половодья превышают соответствующие среднегодовые показатели в 2—3 и 2—4 раза. На данный подвид приходятся 52% жидкого и 48% твердого годовых стоков всей республики.

Среднеэродирующие реки (рис. 3, б) характеризуются более укороченным продолжением максимального уровня воды, дружным, но вместе с тем весьма бурным прохождением половодья, в период которого среднесезонные значения расходов воды и наносов превышают соответствующие среднегодовые значения в 1,2—2,8 и 1,5—2,5 раза. На долю этих рек приходятся 24,5% жидкого и 22,2% твердого среднегодовых стоков АрмССР.

Слабоэродирующие реки (рис. 3, в) лишь временами проявляют свои эрозионно-селевые «способности». Но именно они считаются наиболее смывоопасными, т. к. среднесезонные значения расходов воды и наносов иногда за период половодья превышают среднегодовые показатели более чем в 10 раз. На долю данного подвида приходятся 13,5% жидкого и 22,5% твердого годовых стоков республики, а остав-

Эрозионные характеристики некоторых бассейнов рек АрмССР

№№ п/п	Река-пункт	Площадь бассейна (км ²)	Средняя высота (м)	Годовая сумма осадков (мм)	Коэффициент стока	$w_{ж}$ (млн. м)	$w_{т}$ (тыс. т)	$\frac{w_{ж}}{w_{т}}$	Расход воды за половодье (м ³ /с)	Расход наносов за половодье (кг/с)	$\frac{Q_{ж}}{Q_{т}}$
1	Дзорагет-ниже впадения р. Гаргар	1450	1860	762	0,48	530	310	1710	40,4	26,6 32,1	1513
2	Памбак—Тумайян	1370	1920	650	0,42	380	355	1085	30,2		941
3	Дебед—Айрум	3740	1770	663	0,46	1030	910	1132	102,6	95	1080
4	Агстев—Кривой мост	1610	1720	655	0,32	340	260	1307	34,6	29,8	1161
5	Ахум—Ахум	193	1580	644	0,39	50	21,4	2336	5,4	2,8	1928
6	Тавуш—Берд	102	1450	622	0,37	20	7,2	2777	3,3	1,3	2538
7	Ахурян—Айкадзор	8140	1454	570	0,22	1020	549	1858	63,1	36	1752
8	Касах—Аштарак	1020	2249	680	0,31	210	105	2000	8,0	4,6	1740
9	Мецамор—Ранчпар	3540	1610	640	0,49	1040	260	4000	31,4	12	2617
10	Азат—Ланджазат	528	2220	640	0,60	200	96	2083	11,5	6,8	1691
11	Зеди—Чиманкенд	329	2090	505	0,38	160	65	2463	5,2	3,6	1444
12	Дзыгнагет—Цовагюх	85	2225	800	0,52	30	9	3333	3,4	1,6	2125
13	Гаварагет—Норадуз	467	2435	670	0,38	120	35	3428	5,1	1,6	3190
14	Арпа—Арени	2040	2109	683	0,48	670	390	1718	51,7	34	1520
15	Вохчи—Кафан	685	2380	832	0,55	310	125	2480	21,3	08**	—
16	Воротан—Воротан	2020	2270	744	0,45	670	318	2120	45,5	25	1820
17	Мегригет—Мегри	274	2200	650	0,57	100	71	1408	7,3	5,8	1260

Примечание: Площадь водосбора взята с учетом бассейнов правобережных притоков в пределах территории Турции.

** Расход наносов учитывает и производственные отходы горной металлургии.

шиеся 10% жидкого и 7,3% твердого суммарных стоков формируются в бассейне р. Раздан, данные о котором в учет не брались.

Выводы

1. Эрозия почв является одним из наиболее трудно прогнозируемых и многофакторных явлений природы, развивающихся под воздействием относительно постоянных (рельеф, геологическое строение, характер почвенно-растительного покрова и т. д.) и переменных (климатические и гидрологические условия) факторов.

2. Прогноз эрозии почв проводится в зависимости от наиболее динамичных факторов проявления эрозионных процессов, какими являются атмосферные осадки, температура воздуха, поверхностный тало-дождевой сток, учитывающих так или иначе многообразие рельефа, водопрочность почвообразующих пород, особенности почвенно-растительного покрова, последствия хозяйственной деятельности человека.

3. Выбранные параметры легко поддаются определенным числовым прогнозам, так как за ними ведутся стационарные наблюдения не только из года в год, но и в течение всего года, отличаясь наибольшей функциональной взаимосвязанностью в период наивысшей эрозионной активности года.

4. По эрозийности и энергетической мощности атмосферных осадков наиболее эрозионно-опасными являются летние месяцы, потенциальная эродированность почв в период которых проявляется прежде всего в более высоких значениях физических характеристик осадков (водоносность, интенсивность, плотность и т. д.).

5. В пределах АрмССР наибольшая эрозионная продуктивность поверхностного стока наблюдается в бассейне р. Памбак, а наименьшая—в бассейне р. Норадуз. При введении некоторых корреляционных коэффициентов данные эрозионных характеристик рек могут быть использованы при учете потенциальной опасности проявления эрозии почв.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՀՈՂԵՐԻ ՈՂՈՂԱՄԱՇՄԱՆ ԿԱՆԵԱԳՈՒՇԱԿՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ
ՀԱՐՑԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվաժուժ քննարկվում են հանրապետության բնատարածքում մակերև-
վույթային հոսքի ձևավորման տարածական և ներտարեկան տեղաբաշխ-
ման առանձնահատկությունները՝ ելնելով ողողամաշման երևույթների դար-
դացումից: Հողերի հնարավոր ողողամաշման կանխագուշակություններն
արվել են ըստ ձնհալքի, տեղատարափ անձրևների և օդերևութաբանական այլ
տարրերի գոտիական տեղաբաշխման հատկանիշների: Հողվաժուժ բերված
աղյուսակներն ու կորերը կազմվել են չրաբանական տեղեկագրերի և տարե-
գրքերի տվյալներով, որոնց հիման վրա առանձին գետային ավազանների
որինակով դուրս են բերվել մակերևույթային հոսքի ողողամաշման էֆեկտի-
վության գործակիցներ:

G. P. MKERTCHIAN

SOME PROBLEMS OF THE SOIL EROSION IN THE ARMENIAN SSR

A b s t r a c t

Peculiarities of the surface run-off forming and distribution are
considered in connection with erosion processes development. The run-
off thawing and pluvial constituents are separately considered, which
differ from each other by their selectivity and erosion ability. On the
basis of many years meteorological observations a definite functional
dependence is obtained between the fluid and solid run-offs of the Ar-
menian SSR rivers.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Важнов А. Н. Средний многолетний сток рек Армянской ССР и его внутригодовое распределение. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1956. 155 с.
2. Вопросы изучения снега и использования его в народном хозяйстве. М.: Изд. АН СССР, 1955. 175 с.
3. Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 16 (по АрмССР), Ливневые дожди и суточные количества осадков за 1936—1959 гг., Л.: Гидрометеониздат, 1962. 506 с.
4. Роль снежного покрова в природных процессах. М.: Изд. АН СССР, 1961. 272 с.
5. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 3, Прогнозы стока горных рек М.: Гидрометеониздат, 1963. 294 с.
6. Сластухин В. В. Вопросы мелiorации склонов Молдавии. Кишинев, 1964. 212 с.
7. Хмаладзе Г. Н. Взвешенные наносы рек Армянской ССР Л.: Гидрометеониздат, 1964. 246 с.
8. Шагинян М. В. Основные закономерности формирования элементов стока рек Армянской ССР и методы их прогнозирования Л.: Гидрометеониздат, 1981. 176 с.