

Х. К. ТИГРАНЯН

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЕКАДНЫХ РАСХОДОВ ПОЛОВОДНОГО ПЕРИОДА ПО РЕКАМ АРМЯНСКОЙ ССР

Для построения схематизированных гидрографов половодий по теоретическим схемам разные авторы — Кочерин Д. И. [2], Огиевский А. В. [4], Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. [3], Алексеев Г. А. [1], Соколовский Д. Л. [5] и др. предложили различные формулы.

Форма гидрографа половодья обычно имеет криволинейный вид, который характеризуется подъемом (T_n), спадом (T_c) и максимальным значением притока (Q_m). Форма ветви подъема в большинстве случаев имеет вид выпуклой кривой, а ветви спада — слабо вогнутой кривой. Первое теоретическое выражение дано Д. И. Кочериным, который расчетные графики притока схематизировал тремя возможными формами: треугольник, трапеция и криволинейный график с выпуклой ветвью подъема, отвечающий кривым распределения Пирсона типа III или V.

Д. Л. Соколовским предложен вид гидрографа параболической формы, который образуется двумя вогнутыми ветвями парабол.

Треугольная форма в зоне нарастания половодья обычно не охватывает всего стока, оставляя вне учета выпуклую часть графика притока. Она хорошо отражает характер лишь ливневого паводка.

Трапециондальная форма отражает только характер снегового половодья.

В случае гидрографа параболической формы, максимальное значение бытового расхода имеет нулевую продолжительность, что не позволяет применять его при схематизации графиков снеговых половодий. Обе параболы, составляющие гидрограф, в верхней части существенно отклоняются от действительной кривой притока.

Во многих случаях наблюдаемое в природе соотношение удастся удовлетворительно выразить путем придания гидрографам очертаний, соответствующих уравнению биномиальной кривой распределения вероятностей.

Эти кривые обладают формами, хорошо передающими общий характер изменения расхода воды рек во время половодий и паводков. В начале подъема расход воды возрастает медленно, затем интенсивность приращения постепенно увеличивается у вершин, сначала быстро, затем постепенно замедляется.

Более совершенные формы гидрографов, близкие к естественным, предложили Г. А. Алексеев и С. Н. Крицкий и М. Ф. Менкель.

Асимметричная кривая, предложенная Г. А. Алексеевым, выражается уравнением

$$y = 10^{\frac{(1-x)^2}{x}}$$

где $y = \frac{Q}{Q_m}$ — бытовой расход, в долях от максимального его значения.

$x = \frac{t}{T_n}$ — время, считая от начала половодья, в долях от продолжительности подъема волны.

$\rho = f(\lambda)$ — параметр, зависящий от коэффициента формы гидрографа, имеющего значение $\lambda = \frac{Q_m \cdot T_n}{\Sigma Q}$.

ΣQ — объем половодного стока.

Кривая гидрографа асимметричной формы, предложенная С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем, является биномиальной кривой Пирсона типа III.

$$Q = Q_m \left(\frac{t}{T_n} e^{1 - \frac{t}{T_n}} \right)^n,$$

где Q и t — текущие координаты расхода воды и времени.

Q_m — максимальный расход воды.

T_n — продолжительность подъема волны.

e — основание натуральных логарифмов.

n — параметр, характеризующий форму гидрографа, т. е. соотношение между объемом половодья (W) и максимальным расходом воды (Q_m). Связь этого параметра с указанными характеристиками выражается уравнением:

$$\frac{W}{Q_m \cdot T_n} = \frac{e^n \cdot \Gamma(n+1)}{n^{n+1}}$$

здесь $\Gamma(n+1)$ — гамма функция Эйлера.

Преимущество этой кривой заключается в том, что она близка к очертанию естественного гидрографа. Такая форма гидрографа применима как для ливневых, так и для снеговых половодий. Эта кривая по своему очертанию очень похожа на предыдущую.

Выбор той или иной кривой зависит от того, какое половодье она должна характеризовать.

Во время анализа были сопоставлены отдельно все перечисленные кривые с фактическими гидрографами рек Армянской ССР. Подводя итоги, пришли к выводу, что биномиальная кривая, предложенная С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем, близка к очертанию гидрографов рек Армянской ССР и как аналитическое выражение кривой вполне приемлема. Поэтому нашли целесообразным применять ее для определения декадных расходов половодного периода.

Очертание биномиальной кривой исчерпывающе определяется тремя параметрами: объемом половодья (W), максимальным расходом воды (Q_m) и длительностью периода подъема (T_n). Эти 3 характеристики определяются по данным наблюдений на изученных реках.

Общий вид уравнения следующий:

$$Q = Q_m \left(\frac{t}{T_n} e^{1 - \frac{t}{T_n}} \right)^n = \frac{Q_m \cdot e^n}{T_n^n} \cdot t^n e^{-\frac{n}{T_n} t} \quad (1)$$

Обозначая постоянную часть через $A = \frac{Q_m e^n}{T_n^n}$, получим $Q = A t^n e^{-\frac{n}{T_n} t}$.

Для наших расчетов некоторые параметры этого уравнения переименованы.

W — объем весенне-летнего половодья.

Q_m — максимальный декадный расход.

$Q = Q_t$ — величины текущих декадных расходов.

t — номера декад.

Поскольку биномиальная кривая выражает только поверхностную часть гидрографа (без подземной части), то окончательное значение этих параметров примет следующий вид:

$$W = W_{\text{пов.}} = W_{\text{пол.}} - W_{\text{под.}} \quad (2)$$

где $W_{\text{пов.}}$ — объем поверхностной части половодья.

$W_{\text{пол.}}$ — общий объем половодья.

$W_{\text{под.}}$ — объем подземной части половодья.

В свою очередь $W_{\text{под.}}$ определяется:

$$W_{\text{под.}} = Q_{\text{под.}} \cdot T_{\text{пр.}} \quad (3)$$

где $Q_{\text{под.}}$ — величина расхода предыдущей декады начала половодья.

$T_{\text{пр.}}$ — общая продолжительность половодья, которая определяется по формуле [6].

$$T_{\text{пр.}} = \left[t_{\text{нач.}} + \sum_{i=1}^n (H_i - H_{i-1}) \frac{1}{V_i} \right] m \cdot k. \quad (4)$$

Максимальный декадный расход поверхностной части гидрографа будет:

$$Q_m = Q_{\text{пов.}} - Q_{\text{под.}}$$

После подставления новых обозначений параметров в формулу (1), получим

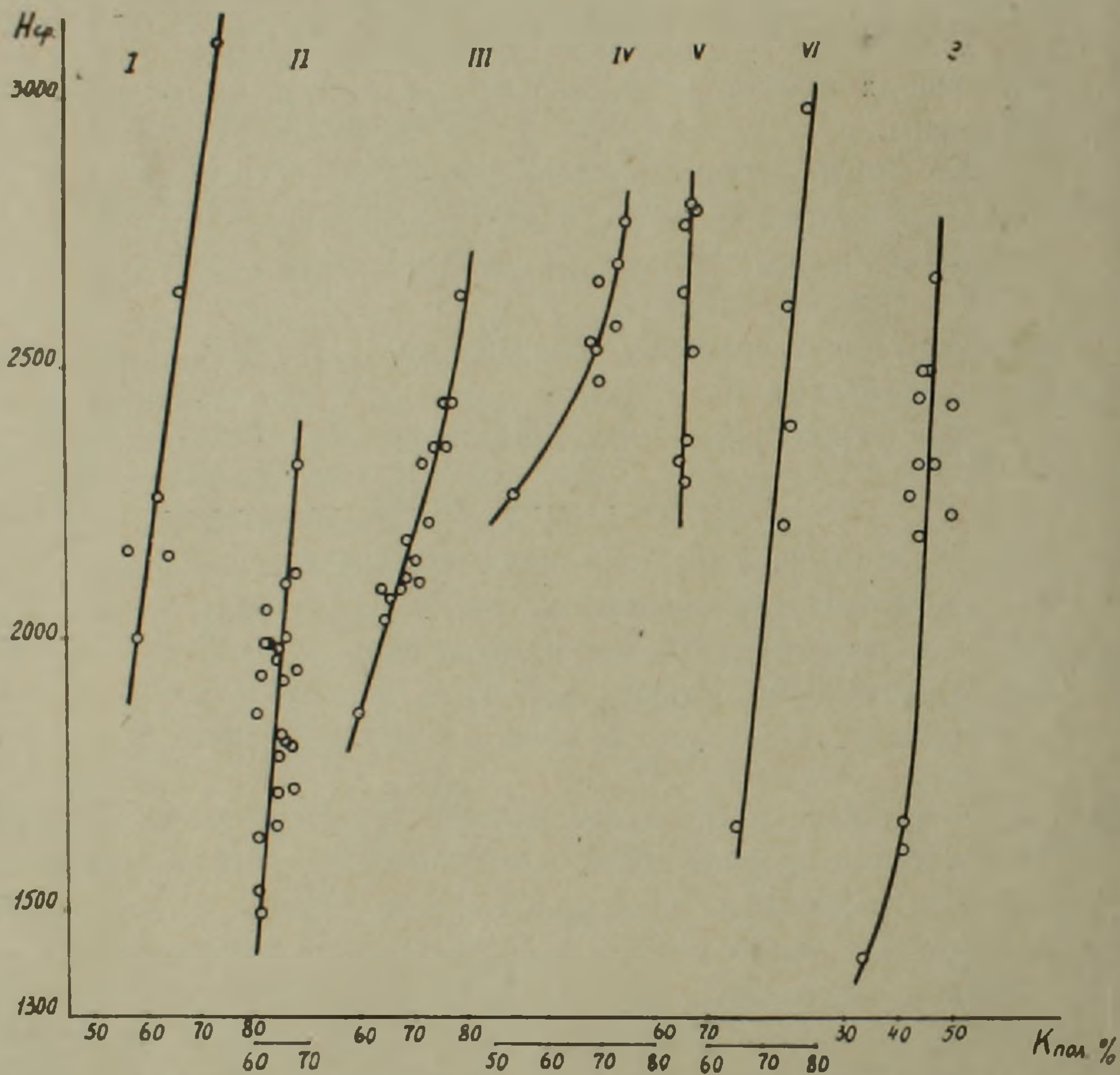
$$Q_t = \frac{Q_{\text{пов.}} \cdot e^n}{T_n^n} \cdot t^n e^{-\frac{n}{T_n} t} + Q_{\text{под.}} \quad (5)$$

Чтобы определить декадные расходы половодного периода неизученных створов, необходимо, с помощью фактических данных, устано-

вить зависимости для отдельных параметров формулы [5]. К таким параметрам относятся:

$$W_{\text{пов.}}, W_{\text{пол.}}, Q_{\text{пов.}}, n, Q_{\text{под.}}$$

Для всех расчетных постов (79) подсчитаны объемы половодий ($W_{\text{пол.}}$). После чего, определяя их доли от годового ($K_{\text{пол.}} \%$), построены кривые связи $K_{\text{пол.}} \% = f(H_{\text{ср.}})$ (фиг. 1). Как видно из фиг. 1, при подвижных сезонах эти связи получаются более тесными, чем при постоянных сезонах, так как для каждого поста учитывается настоящий объем половодья.

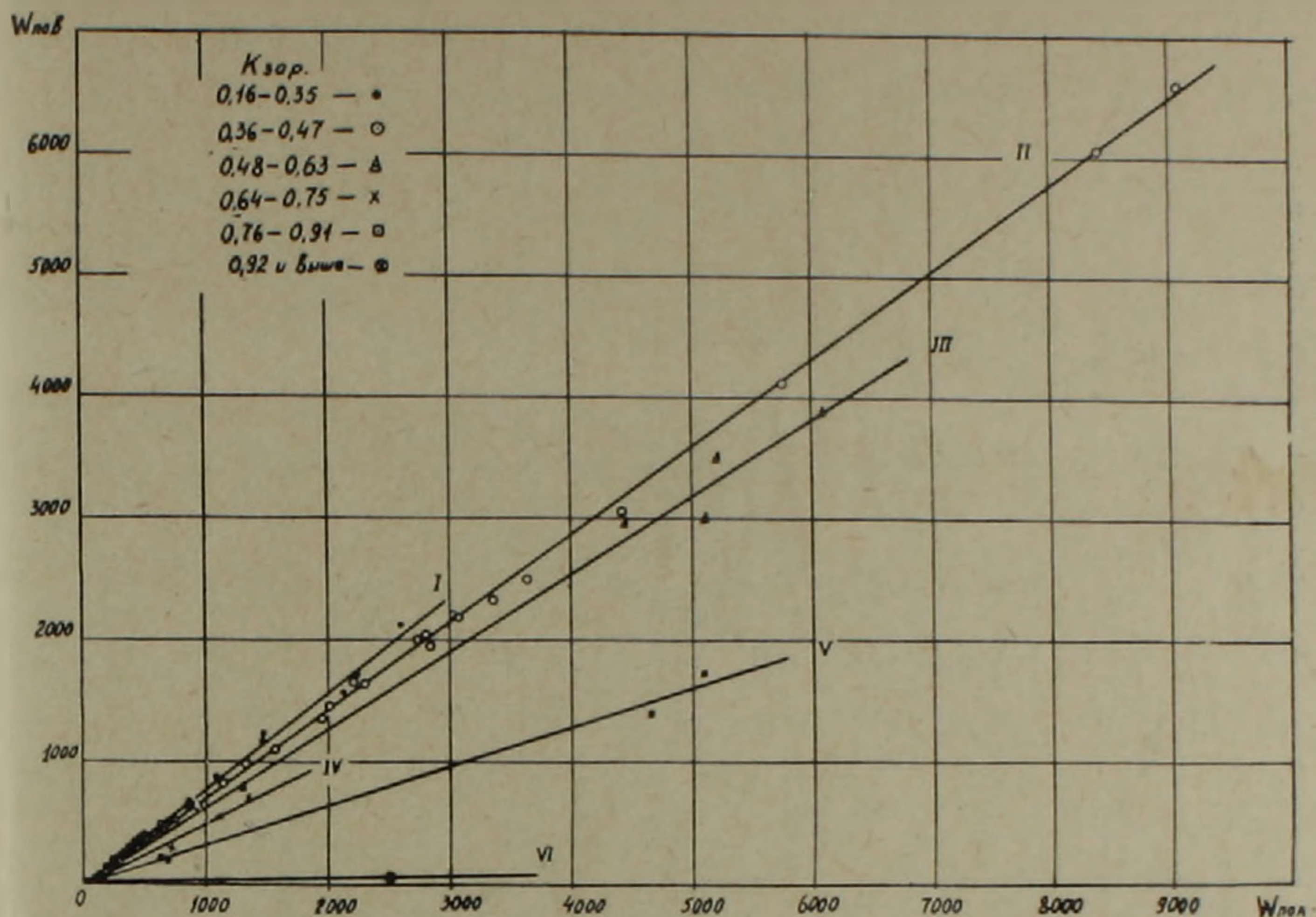


Фиг. 1. Кривые зависимости $K_{\text{пол.}}$ от средней высоты водосбора.

Вид кривых такой же, как при постоянных сезонах, но надо отметить, что здесь подрайоны не выделяются. Северная часть республики, как показывает кривая связи, выражается одной кривой, а р. Воротан и верхнюю часть р. Арпа целесообразно рассматривать как отдельный район. Итак, кривых получается семь.

Для определения поверхностного объема половодья ($W_{\text{пов.}}$), мы попытались увязать его с общим объемом половодья ($W_{\text{пол.}}$). Как видно из фиг. 2 существует очень хорошая связь. Полученные ветви показывают, что они зависят от коэффициента естественной зарегулированности

($K_{зар. \tau}$). Аналитическое выражение этих ветвей приводится в таблице 1. Как видно из фиг. 2, чем больше $K_{зар.}$, тем эти ветви приближаются к оси абсцисс и, наоборот, чем меньше $K_{зар.}$, тем ближе они к оси ординат.



Фиг. 2. Связи между поверхностным и общим объемом половодья.

Таблица 1
Зависимость между поверхностным и общим объемами половодья при разных значениях $K_{зар.}$

Ветви	$K_{зар.}$	$W_{пов.}$
I	0,16—0,35	$=0,785 W_{пол.}$
II	0,36—0,47	$0,705 W_{пол.}$
III	0,48—0,63	$0,635 W_{пол.}$
IV	0,64—0,75	$0,484 W_{пол.}$
V	0,76—0,91	$0,325 W_{пол.}$
VI	0,92 и выше	$0,02 W_{пол.}$

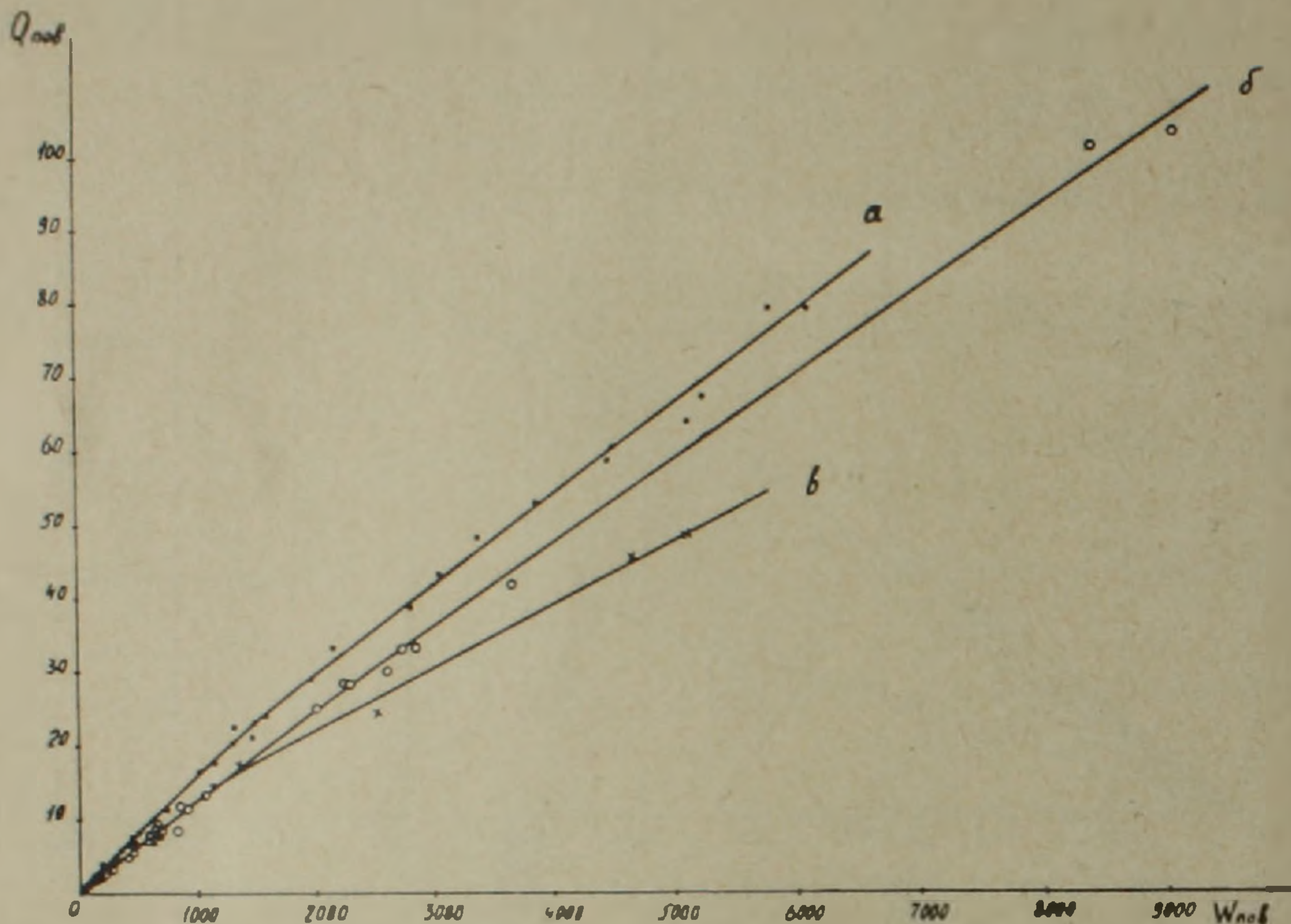
Предельные значения этих связей — это оси координат, так как $K_{зар.}$ колеблется от 0 до 1.

Если $K=1$, это значит, что имеем чисто родниковую воду, где исключается влияние половодья. А когда $K=0$, имеем суходолы, где кроме половодного периода в остальное время года в водотоке не бывает воды.

Имея значения общего и поверхностного объемов половодья, легко можно получить величину объема подземной части половодья из выражения (2): $W_{под.} = W_{пол.} - W_{пов.}$

После определения $W_{\text{пол.}}$, по формуле (3) находим величину $Q_{\text{пол.}}$.

Следующий параметр формулы (5), это поверхностный максимальный расход ($Q_{\text{пов.}}$), для определения которого построена связь $Q_{\text{пов.}} = f(W_{\text{пол.}})$. Такая связь существует и, как видно из фиг. 3, она довольно тесная.



Фиг. 3. Связи между максимальным декарным расхоом и поверхностным объемом половодья.

Здесь каждая кривая выражает определенную часть территории Армянской ССР.

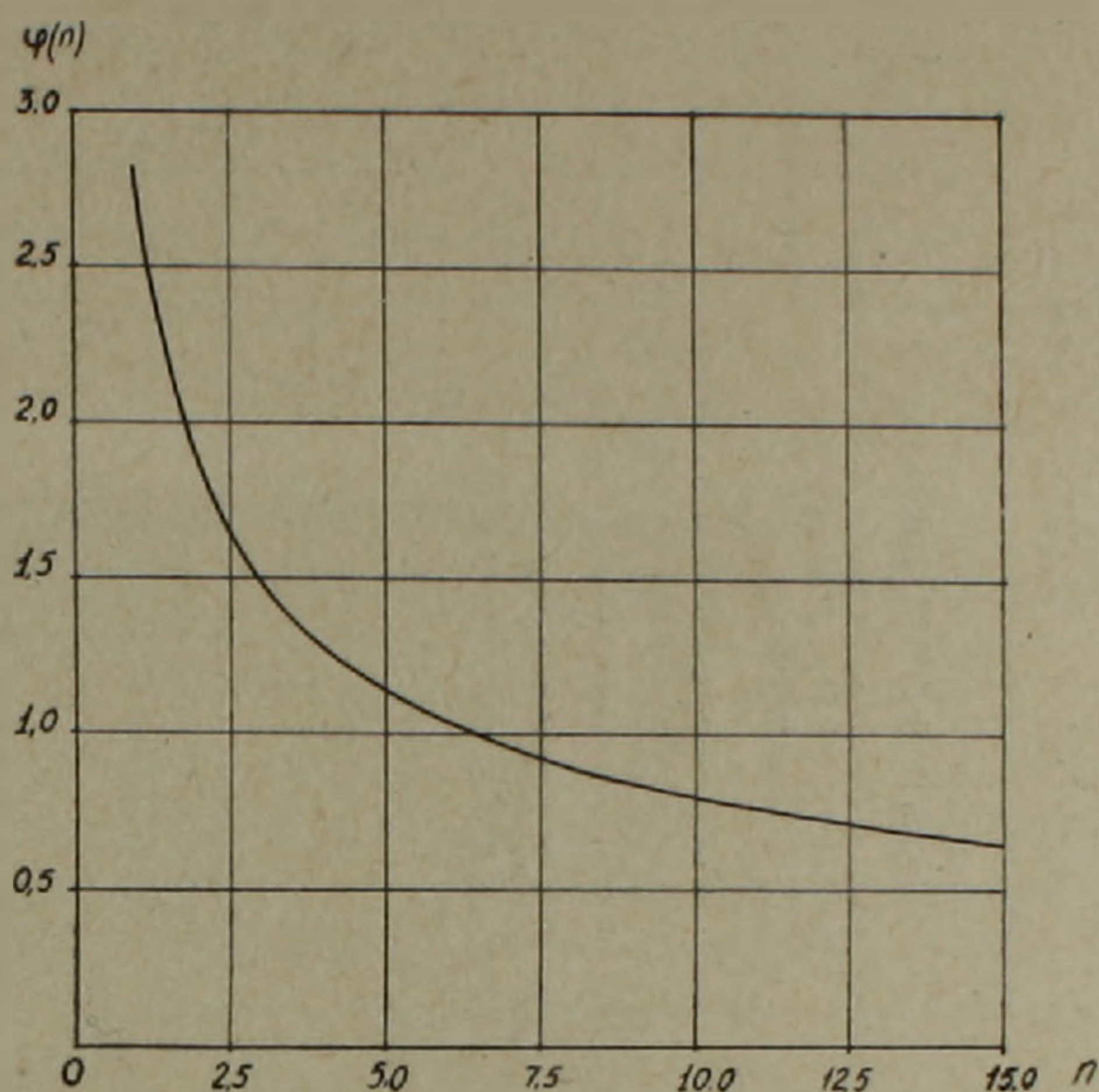
Кривая «б» охватывает северную и южную части республики — бассейны рек II и VI гидрологических районов.

Кривая «а» — остальную часть республики.

Кривая «в» — бассейны рек с большой зарегулированностью ($K_{\text{зар.}} > 0,60$).

Здесь интересно то, что реки северных и южных районов составляют отдельную кривую, хотя они расположены в противоположных частях республики. Эти два района отличаются тем, что первый находится под воздействием влажных воздушных масс, идущих с Черного моря, а второй — с Каспийского моря, они способствуют выпадению обильных осадков в период снеготаяния, продолжающихся и летом. Благодаря этому объем половодья увеличивается и получается сравнительно большим, чем на реках других районов республики, а максимальный расход, наоборот, сравнительно меньшим. Поэтому кривая «б» лежит ниже кривой «а».

Сильно зарегулированные реки отличаются большим подземным стоком и весьма слабо выраженным максимумом поэтому их кривая занимает самое нижнее место.



Фиг. 4. Кривая $n = \varphi(n)$.

Параметр n можно определить из кривой, изображенной на фиг. 4, по функции: $\varphi(n) = \frac{e^n \cdot \Gamma(n+1)}{n^{n+1}}$.

После установления величин $Q_{\text{пов.}}$ и $W_{\text{пов.}}$, из выражения $\varphi(n) = \frac{W_{\text{пов.}}}{Q_m \cdot T_n}$ находим значение $\varphi(n)$ и по нему, из кривой $n = \varphi(n)$ берем соответствующие значения n .

Таким образом, нахождение всех этих параметров дает нам возможность определить величины декадных расходов половодного периода по формуле (5) для неизученных створов. Однако, полученные результаты показывают, что не всегда теоретическая кривая половодья обеспечивает нужную точность. В начале половодья, обычно, первые декадные расходы получаются меньше фактических, к пику они становятся равными, во время спада — справа идут близко к фактическим, а потом уменьшаются, или увеличиваются.

Для того, чтобы расчетные данные расходов были близки к фактическим, мы постарались ввести в формулу (5) поправочный коэффициент (λ).

Итак, окончательный вид расчетной формулы (5) будет:

$$Q_t = \left(\frac{Q_{\text{пов.}} \cdot e^n}{T_n^n} \cdot t^n \cdot e^{-\frac{nt}{T_n}} + Q_{\text{под.}} \right) \cdot \lambda. \quad (6)$$

Величины λ даются для каждого значения продолжительности подъема половодья (T_n), которые приведены в таблице 2.

Таблица 2

Величина λ при разных продолжительностях подъема половодья

$T_n = 8$	$T_n = 7$	$T_n = 6$			$T_n = 5$		$T_n = 4$		$T_n = 3$
		а	б	в	а	б	а	б	
0,95									
1,37	1,09								
1,59	1,31	1,44	1,06	1,37					
1,45	1,47	1,66	1,09	1,34	1,12	1,39			
1,10	1,24	1,30	1,11	1,17	1,14	1,16	1,53	0,98	
0,92	1,01	1,06	0,96	1,06	0,93	0,90	0,98	1,02	0,68
0,85	0,99	1,01	0,89	1,01	0,93	1,02	0,99	0,97	0,92
0,89	1,0	0,98	1,01	1,04	0,99	1,08	1,07	1,01	1,00
0,90	0,97	0,99	0,99	1,00	0,95	1,02	1,00	0,97	0,99
1,02	0,96	0,92	0,95	0,99	0,95	0,94	1,06	1,03	1,17
1,09	0,93	0,92	1,03	1,09	0,94	0,97	0,97	1,10	1,21
1,19	0,95	0,90	1,05	1,04	0,95	0,95	0,94	1,26	1,19
1,21	0,96	0,91	1,09	1,15	0,98	0,96	0,85	1,35	1,20
1,21	0,97	0,90	1,12	1,08	0,95	0,94	0,90	1,34	1,17
	0,91	1,00	1,12		1,02	0,98	0,73	1,30	1,17
								1,25	1,15

Как видно из таблицы 2, значение λ дается по районам, при $T_n = 6, 5, 4$.

$$T_n = 6$$

«а» — относится к части республики южнее бассейна р. Воротан.

«б» — к р. Памбак до впадения р. Дзорагет и к бассейну р. Раздан.

«в» — к остальной части республики.

$$T_n = 5$$

«а» — к бассейнам р. Раздан и оз. Севан.

«б» — к остальной части республики.

$$T_n = 4$$

«а» — к бассейну оз. Севан.

«б» — к остальной части республики.

Таким образом, определение декадных расходов половодного периода для неизученных створов по формуле (6) дает приемлемые результаты.

Резюмируя вышеизложенное, можно прийти к следующим выводам:

1. Очертание формы гидрографа половодного периода рек Армянской ССР можно выразить с помощью уравнения асимметричных биномиальных кривых.

2. Очертание биномиальной кривой определяется объемом половодья ($W_{\text{пов.}}$), максимальным расходом воды (Q_m) и длительностью периода подъема (T_n).

3 При подвижных сезонах связь $K_{\text{пол.}} \% = f(H_{\text{ср.}})$ получается очень тесная. По величинам этих связей территория Арм. ССР разбита на 6 гидрологических районов.

4. Между поверхностным и общим объемам половодья существует прямолинейная связь, которая зависит от коэффициента естественной зарегулированности стока. При экстремумах $K'_{\text{зар.}}$ эта связь стремится к оси координат.

Ереванский Политехнический институт

Поступила 21.XI.1967.

Խ. Ղ. ՏԻԴՐԱՆՅԱՆ

ՎԱՐԱՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱՇՐՋԱՆԻ ՏԱՍՆՈՐՅԱԿԱՅԻՆ ԵԼՔԵՐԻ ՀԱՇՎՄԱՆ ՄԵԹՈԴԸ ԸՍՏ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԵՏԵՐԻ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Այս աշխատանքի նպատակն է, տեսական հավասարումների միջոցով արտահայտել հոսքի ներսեզոնային բաշխումը ըստ տասնօրյակների: Սա հնարավոր է միայն վարարման ժամանակաշրջանի համար, բանի որ նրա հիդրոգրաֆի տեսքը նման է գոյություն ունեցող մաթեմատիկական արտահայտություններին:

Հայկական ՍՍՀ գետերի վարարման հիդրոգրաֆի տեսքը բավարար ձևով արտահայտվում է ասիմետրիկ բինոմիալ կորերի հավասարումների օգնությամբ: Այդ տեսակետից լավ արդյունքներ է տալիս Ս. Ն. Կրիցկու և Մ. Ֆ. Սենկելի կողմից առաջարկված ասիմետրիկ կորի հավասարումը, որը իրենից ներկայացնում է Պիրսոնի 3-րդ տիպի կոր:

Այս տիպի կորերը որոշվում են վարարման ծավալի (W), մաքսիմում ելքի (Q_m) և վարարման վերելքի տևողության միջոցով (T_n):

Մեր կողմից ընդունված հաշվային բանաձևը որոշ ձևափոխություններից հետո ունի հետևյալ տեսքը.

$$Q_t = \left(\frac{Q_{\text{пов.}} \cdot e^n}{T_n^n} \cdot t^n \cdot e^{-\frac{nt}{T_n}} + Q_{\text{под.}} \right) \cdot \lambda, \text{ որտեղ}$$

- Q_t — ընթացիկ տասնօրյակային ելքի մեծությունն է,
- $Q_{\text{пов.}}$ — մակերևութային մաքսիմում տասնօրյակային ելքը,
- T_n — վարարման վերելքի տևողությունը,
- t — տասնօրյակների համարը,
- $Q_{\text{под.}}$ — վարարման սկզբին նախորդող տասնօրյակի ելքի մեծությունը,
- n — պարամետր, որը բնորոշում է հիդրոգրաֆի ձևը, այսինքն վարարման ծավալի և մաքսիմում ելքի հարաբերությունը,
- λ — ուղղման գործակից, որը կախված է T_n -ի մեծությունից,
- e — բնական լոգարիթմների հիմքը:

Չուսումնասիրված գետերի տարբեր կտրվածքներում տասնօրյակային ելքերի մեծությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է իմանալ այս բանաձևի

մեջ մտնող անդամների մեծությունները: Այդ նպատակով կառուցված են առանձին պարամետրների միջև կապի կորեր:

Վարարման ծավալի և ավազանի միջին բարձրության կապերի միջոցով $K_{\text{բառ.}} \cdot 100 = f(H_{\text{բ.}})$, Հայկական ՍՍՀ տեղիտորիան բաժանված է 6 հիդրոլոգիական շրջանների:

Վարարման մակերևույթային և ընդհանուր ծավալների միջև գոյություն ունի ուղղագծային կապ, որը կախված է հոսքի բնական կարգավորվածության, գործակցից ($K_{\text{զար.}}$).

$K_{\text{զար.}}$ -ը փոփոխվում է 0-ից 1, իսկ այդ կապի սահմանային արժեքները ձգտում են կորդինատների առանցքներին:

Հավ կապ գոյություն ունի վարարման մակերևույթային ծավալի և տասնորյակային մաքսիմում ելքի միջև:

Այս կապերից որոշված պարամետրների միջոցով հաշվային բանաձևերով արար ճշտությամբ տալիս է տասնորյակային ելքերի մեծությունները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Алексеев Г. А. К вопросу о выборе формулы для оценки вероятности речного стока. Сборник работ по гидрологии, ГГИ, Л., № 2, 1956.
2. Кочерин Д. И. Вопросы инженерной гидрологии, М.—Л., 1932.
3. Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. Водохозяйственные расчеты. Л., 1952.
4. Огневский А. В. Обобщенные гидрографы для расчета фигуры паводка. Гидротехническое строительство, № 8, 1947.
5. Соколовский Д. Л. Речной сток. Гидрометиздат, Л., 1959.
6. Тигранян Х. К. Определение продолжительности половодья горных рек на примере рек Арм. ССР и методика ее расчета. Сборник научных трудов ЕрПИ, том 24, серия Строительство и архитектура, выпуск 2, 1967.