

А. Н. Важнов

**Внутригодовое распределение стока рек Армянской ССР и его расчеты для неизученных рек**

(Представлено И. В. Егиазаровым 15 II 1951)

Основным фактором, определяющим как величину, так и внутригодовое распределение стока, является климат. Именно климат является тем фоном, на котором формируется тот или иной тип внутригодового хода стока, в зависимости от характера и распределения различных видов питания реки внутри года.

На этой основе Б. Д. Зайков<sup>(1)</sup> все реки СССР делит на три группы: а) реки с половодьем в теплую часть года, б) реки с весенним половодьем и в) реки с паводочным режимом.

Реки территории Армении, согласно этой классификации, относятся ко второй группе, т. е. к рекам с весенним половодьем.

Основным источником питания их являются талые воды, почти исключительно сезонных снегов, а также подземные воды и дождевые осадки; последние играют второстепенную роль.

Весеннее половодье характеризуется одной, сильно растянутой волной с накладывающимися на нее второстепенными волнами, обусловленными неравномерностью снеготаяния и жидкими осадками.

Годовой максимум осадков на рассматриваемой территории приходится как раз на период половодья (апрель—июнь), причем отдельные дождевые периоды вызывают паводки преимущественно на спаде его. В результате, график среднесуточных расходов половодья имеет зубчатый, пилообразный вид.

Общая продолжительность половодья равна 3—4 месяцам (с марта—апреля по июнь—июль).

Летние паводки сравнительно невелики и носят случайный характер.

Наименьшая водность обычно наблюдается зимой (в январе). Летом, особенно в августе и сентябре, водность снижается почти до зимней, но в октябре—ноябре она несколько повышается за счет осенних дождей. В средней и южной частях Армении летний минимум выражен более отчетливо, чем в северных районах, где летняя водность несколько выше зимней.

Наибольшие из среднемесячных расходов на большей части рек Армении в 2,5—3,5 раза превосходят средний годовой расход. В Севанском бассейне и в юго-восточной части территории республики это отношение несколько повышается и на отдельных речках достигает 4,0—4,5.

Наименьшие из среднемесячных расходов в среднем составляют 30—50% от среднего годового, а в отдельных случаях колеблются в пределах от 15 до 70%.

Описанный выше тип внутригодичного распределения стока, обнимающий всю территорию Армянской ССР, подвергается существенным видоизменениям в разных ее частях, как под влиянием климатических различий, так и в результате воздействия других факторов, как-то: рельеф, геологическое строение, почвенно-растительный покров, лесистость, заболоченность и озерность, а также форма и размеры бассейнов.

Остановимся подробнее на двух из них: на рельефе и геологическом строении бассейнов.

Внутригодичной ход стока в пределах однородного климатического района существенно зависит от высоты расположения основной области питания реки и характера гипсографической кривой бассейна. Весеннее половодье не только сдвигается во времени, но меняется также интенсивность его развития и общая длительность.

Характер геологического строения бассейнов, повидимому, существенно не влияет на величину годового стока, но вместе с тем заметно изменяет его внутригодичное распределение. Чередование легкопроницаемых пород со слабопроницаемыми, участков с развитым почвенным покровом, с обнаженными участками, создает различия в распределении талых вод и осадков между поверхностным и подземным стоками.

Различия в стратиграфии горных пород обуславливают их водоаккумулирующую способность, высоту зеркала подземных вод, расположение и мощность родников.

Все это приводит к перераспределению стока между периодом половодья и меженью.

Насколько значительно видоизменение внутригодичного хода стока, даже на такой небольшой территории, как Армянская ССР, можно видеть на рис. 1 (вверху). На этом рисунке приводятся графики среднемесячных расходов (в относительных величинах) для трех рек, которые условно нами обозначены литерами „А“, „В“ и „С“. Характер внутригодичного распределения стока, как видим, меняется очень сильно, как в отношении высоты ординат, так и в отношении времени максимума.

Для того, чтобы исследовать зависимость среднего внутригодичного распределения стока от основных определяющих факторов, сделана попытка выражения его некоторыми численными параметрами. Для этого хронологический график среднемесячных расходов пере-

строен в интегральный, путем последовательного суммирования величин, начиная с января месяца. При этом вместо абсолютных величин расходов взяты их отношения к среднегодовому расходу  $\left(\frac{Q}{Q_0}\right)$ .

На рис. 1 (внизу) пунктиром показаны полученные таким путем интегральные графики для трех рек.

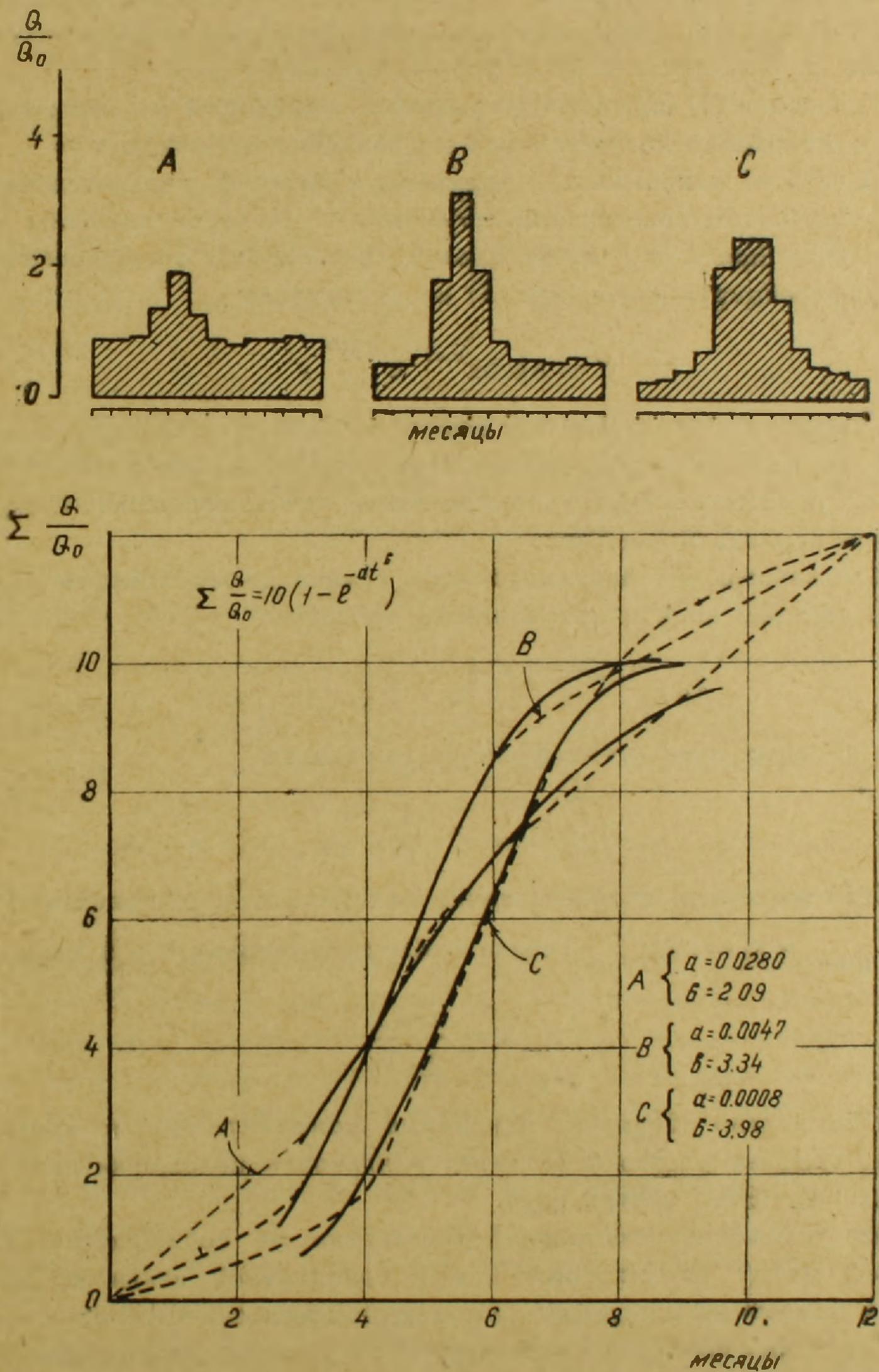


Рис. 1. Внутригодовой ход стока (вверху) и его интегральное выражение (внизу); пунктир—по данным наблюдений, сплошная линия—по уравнению.

Для аналитического выражения интегральных графиков мы остановились на уравнениях следующего общего вида:

$$y = A (1 - e^{-ax^b}), \quad (1)$$

где:  $A$ ,  $a$  и  $b$  — параметры, значения которых меняются для разных рек.

В этих уравнениях нас интересуют только параметры, зависимость которых от разных природных факторов в дальнейшем исследуется; сами же уравнения играют вспомогательную роль.

Уравнение (1) соответствует кривой, исходящей из начала координат и монотонно возрастающей до значения ординаты  $y = A$ . Параметр  $A$  есть та максимальная ордината, к которой стремится функция при безграничном возрастании аргумента  $x$ . Нулевое значение функции получим при  $x = 0$ , когда множитель в скобках обращается в нуль.

Дифференцируя уравнение (1) по  $x$ , получим:

$$y' = A a b x^{b-1} e^{-ax^b}. \quad (2)$$

Уравнение (2) представляет дифференциальное выражение кривой 1. При  $a > 0$  и  $b > 1$  это уравнение дает одновершинную асимметричную кривую, соответствующую осредненному хронологическому графику расходов периода половодья.

Для нахождения максимума этой кривой дифференцируем уравнение (2) еще раз по  $x$  и приравняем нулю:

$$A a b x^{b-2} e^{-ax^b} [b - 1 - abx^b] = 0,$$

откуда абсцисса максимума функции выразится:

$$|x|_{y_{\max}} = \sqrt[b]{\frac{b-1}{ab}}. \quad (3)$$

Если закрепить абсциссу точки максимума, т. е. принять  $|x|_{y_{\max}} = x_0 = \text{const}$ , то связь между параметрами  $a$  и  $b$  выразится:

$$a = \frac{b-1}{bx_0^b}.$$

Постоянство абсциссы максимума применительно к хронологическому графику расходов означает одинаковое положение пика половодья (по времени) внутри года.

Это условие в естественной обстановке не соблюдается, следовательно, между параметрами  $a$  и  $b$  однозначной связи не должно быть, и каждый из них должен рассматриваться самостоятельно.

Переходя к приложению функции (1), к интегральным графикам внутригодового стока, ее выражение в новых координатах получим:

$$\sum \frac{Q}{Q_0} = A (1 - e^{-at^b}); \quad (4)$$

где  $\sum \frac{Q}{Q_0}$  — сумма отношений среднемесячных расходов к среднегодовому,  $t$  — порядковый номер месяца от начала года.

На основании предварительных построений было установлено, что значение параметра  $A$  для всех рек может быть принято равным 10. Тогда число переменных параметров сводится к двум:  $a$  и  $b$ .

Подбор уравнений к интегральным графикам производился путем построения прямой логарифмической анаморфозы вида:

$$\lg \lg \left( \frac{10}{10-y} \right) = \lg (ae) + b \lg t, \quad \text{где}$$

$e$  — основание натуральных логарифмов.

При этом установлено, что прямая  $\lg \lg \left( \frac{10}{10-y} \right) = f(\lg t)$  удовлетворительно соответствует точкам в интервале с апреля по июль включительно, т. е. для периода половодья (см. рис. 1, внизу).

Проверка удовлетворительности совпадения линий связи, построенных по уравнениям, с эмпирическими точками производилась путем вычисления ошибок ординат интегральных графиков. Для 56 гидрометрических створов в 89% всех случаев ошибки не превосходили 10% от величин ординат эмпирических графиков, что является вполне удовлетворительным.

Исследование зависимости параметров  $a$  и  $b$  от средней высоты водосборов ( $H_{cp}$ ), показателя естественной зарегулированности  $\left( \frac{Q_m}{Q_0} \right)$ ,

$Q_m$  — наименьший среднемесячный расход зимней межени,  $Q_0$  — среднегодовой расход) и площади водосборов ( $F$ ) подтвердило высказанное ранее предположение о роли геологического строения и средней высоты водосборов в модификации внутригодового хода стока. Связь параметра  $b$  с отношением  $\frac{Q_m}{Q_0}$ , характеризующим подземное питание

рек, а следовательно и геологические особенности водосборов, показана на рис. 2. Влияние климатических различий между разными частями территории Армянской ССР при этом было отражено путем отдельного построения графиков для 4-х основных районов: северных склонов гор Малого Кавказа (1), средней части Армянского нагорья (2), Зангезурского района (3) и Севанского района (4).

Для выделения влияния высоты водосборов мы прибегли к следующему приему.

Между параметрами  $a$  и  $b$ , как выше указывалось, имеется зависимость  $a = \frac{b-1}{bt_0^b}$ , причем параметр  $t_0$  характеризует сдвиг максимума гидрографа во времени, и в наших условиях является переменным для разных рек. Величина его должна зависеть от средней высоты

водосборов, так как последняя в основном и определяет время формирования половодья. Эта зависимость представлена на рис. 3, причем значения  $t_0$  нами осреднены по интервалам высот, отдельно для района 1 и отдельно для остальной территории.

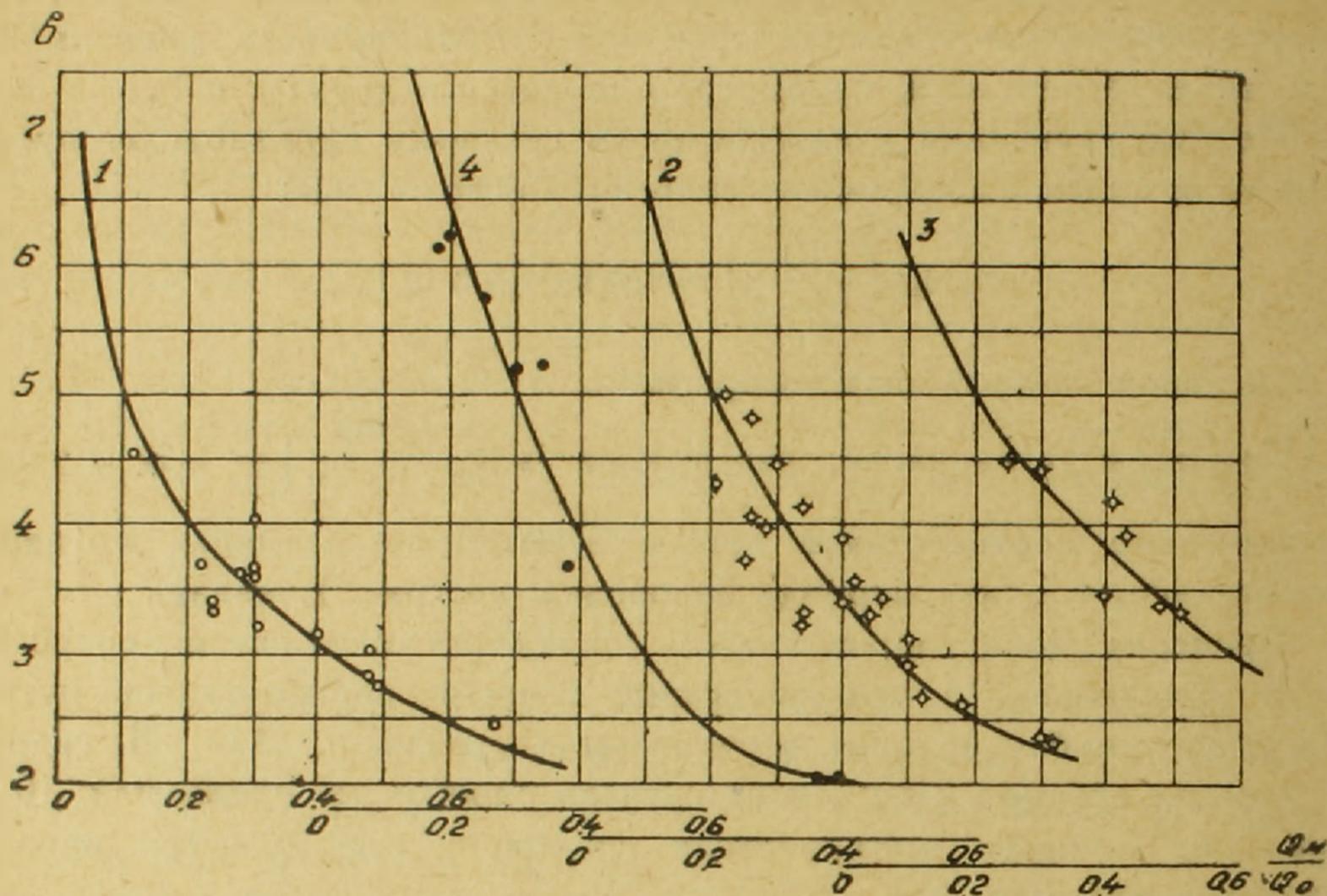


Рис. 2. Связь параметра  $b$  с показателем зарегулированности  $\frac{Q_m}{Q_0}$ .

Полученные выше зависимости  $b = f_1\left(\frac{Q_m}{Q_0}\right)$  и  $t_0 = f_2(H_{cp})$  и легли в основу метода практических расчетов внутригодового распределения стока неизученных рек.

Зная среднюю высоту водосбора  $H_{cp}$ , по графику 3 находится значение  $t_0$  неизученной реки. По известной величине  $\frac{Q_m}{Q_0}$  по графику 2 находится также величина параметра  $b$ .

Подставляя значения  $b$  и  $t_0$  в формулу  $a = \frac{b-1}{bt_0^b}$ , находим далее параметр  $a$ . Полученные таким путем параметры  $a$  и  $b$  позволяют выбрать из числа рек того-же физико-географического района реку-аналог, внутригодовое распределение стока которой, а, следовательно, и значения параметров  $a$  и  $b$  могут быть получены по фактическим наблюдениям. Принимая ряд относительных величин среднемесячных расходов реки-аналога для интересующей нас неизученной реки и помножая эти величины на среднегодовой расход последней, получим искомые среднемесячные расходы для нее.

Результаты вышеприведенного исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Расчет среднемесячных расходов неизученных горных рек может производиться более объективным способом, чем применявшиеся до сих пор. Для этого график среднемесячных расходов, перестроенный в интегральный вид, может быть охарактеризован двумя параметрами уравнения (4, см. текст).

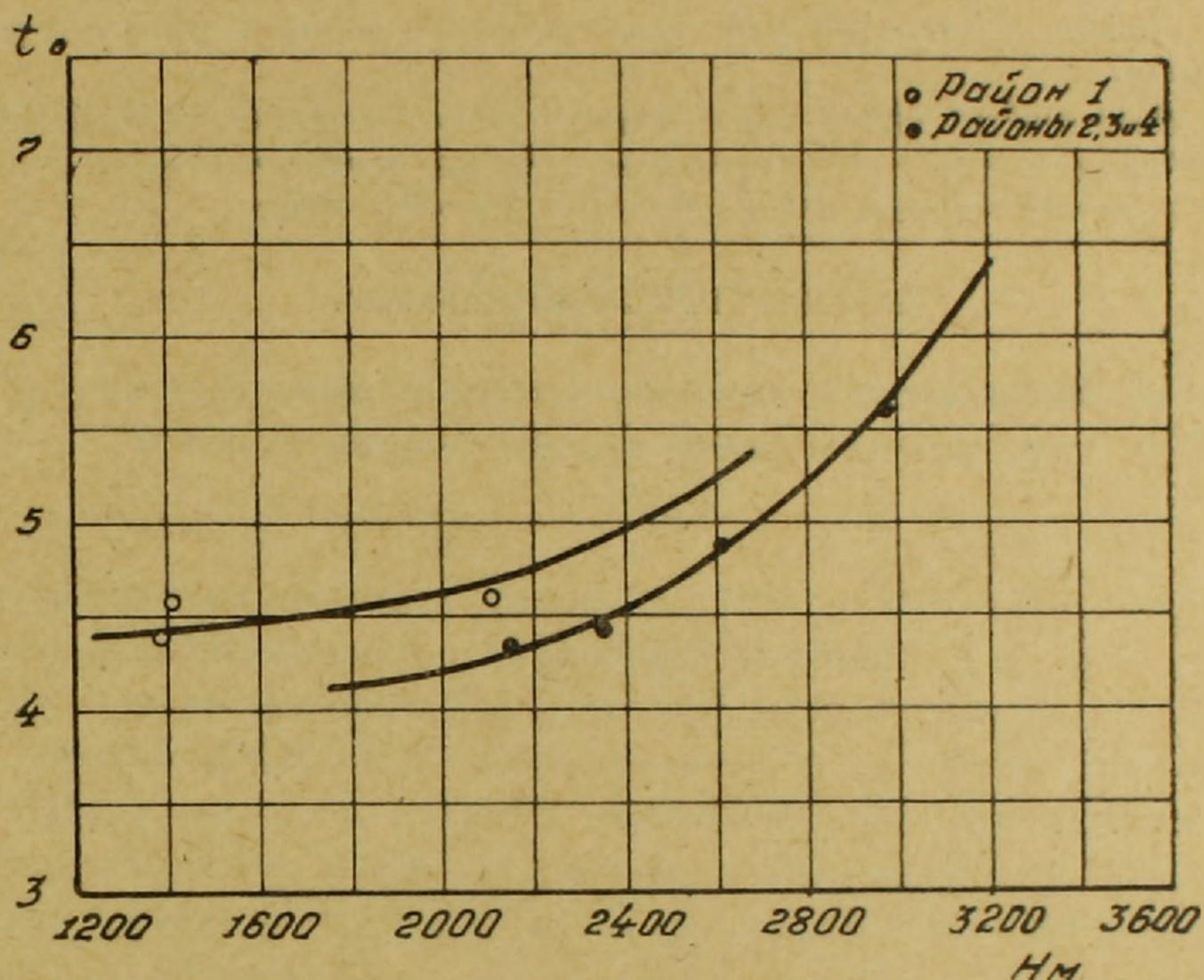


Рис. 3. Связь параметра  $t_0$  со средней высотой водосборов.

Проверка совпадения кривой (4) с эмпирическими интегральными графиками дала удовлетворительные результаты в интервале с апреля по июль (период половодья): для 56 гидрометрических створов на территории Армении в 89% всех случаев ошибки не превзошли 10% от величин ординат эмпирических графиков.

2. Внутри района с однородным внутригодовым ходом климатических элементов величина параметров  $a$  и  $b$  уравнения (4) наилучшим образом связывается с показателем естественной зарегулированности подземным питанием  $\left(\frac{Q_m}{Q_0}\right)$  и с высотой бассейнов.

Связь параметров с площадью водосборов, в диапазоне от 10 до 2000 км<sup>2</sup>, не проявилась.

3. Для практических расчетов среднемесячных расходов неизученных рек, согласно предложенному способу, необходимо располагать величиной расхода подземного питания реки ( $Q_m$ ), среднегодовым расходом ( $Q_0$ ) и средней высотой водосборов ( $H_{ср}$ ). Величина  $Q_m$  может быть определена только из наблюдений, в результате нескольких единичных измерений расходов в период зимней межени и приведения их к средней многолетней величине путем сравнения с зимними расходами соседних хорошо изученных рек.

**Հոսքի բաշխումը տարվա մեջ եվ նրա հաշվարկումը չուսումնասիրված  
գետերի համար**

Հոգավածում տրվում են այն բնական ֆակտորների վերլուծությունը, որոնք պայ-  
մանավորում են տարվա հոսքի բաշխման զանազան տիպեր և նրանց ձևափոխությունը  
լեռնային սելեքտի և Հայկական ՍՍՏ տերիտորիայի գեոլոգիական բարդ կազմության  
պայմաններում:

Այդ վերլուծության հիման վրա մշակված է չուսումնասիրված գետերի միջին ամ-  
սական ելքերի գործնականորեն հաշվարկելու մեթոդը, ելակետ ունենալով բարձրագիծ  
բնույթի և ստորերկրյա (աղբյուրների) սնուցման մեծությունները:

**ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

1. Б. Д. Зайков, Средний сток и его распределение в году на территории  
СССР. Труды НИУ ГУГМС СССР, сер. VI, вып. 24, 1946.