

ГИДРОТЕХНИКА

В. О. САРКИСЯН

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИНАМИЧНОСТИ ПОДЗЕМНОГО
СТОКА В ГОРНЫЕ РЕКИ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ
ДАНЫМ

Наиболее сложным вопросом в расчетах подземного стока в горные реки является объективный учет его динамичности. Существующие способы оценки репрезентативности характеристик динамичности дебитов «шторных» родников для расчетов подземной составляющей речного стока в значительной мере несут субъективный характер и основаны на качественном анализе гидрогеологических условий разгрузки подземных вод через родники.

Осуществление принципа комплексного гидролого-гидрогеологического подхода к оценке подземного притока в реки [1] в значительной мере требует получения количественных характеристик динамичности подземного стока на основе совместного объективного анализа гидрогеологической и гидрометеорологической информации.

Анализ материалов по динамичности стока родников на территории АрмССР (в бассейнах рек Ахурян, Раздан и Касах, за период наблюдений 1960—70 гг.) показал, что основными факторами, определяющими закономерности изменения коэффициентов динамичности (величины отношений максимальных дебитов родников к минимальным), является высотное положение водосборов, запас воды в снежном покрове перед началом весеннего половодья и интенсивность снеготаяния.

Высотное положение родников является одним из основных факторов динамичности родникового стока в горных странах, отражая хорошо известную закономерность изменения климатических условий с высотой местности. Величина снегозапасов, изменяясь год от года, в зависимости от многолетней изменчивости метеорологических факторов, определяет объем пополнения запасов воды в речных бассейнах весной, в том числе и ежегодно возобновляемых запасов подземных вод. Интенсивность снеготаяния в данном случае выступает как фактор, который отражает интенсивность пополнения запасов подземных вод в весенний период. Таким образом, все три указанных фактора в той или иной мере влияют на режим разгрузки подземных вод в виде родникового стока, в том числе и на исследуемый параметр режима родников—коэффициенты динамичности.

Определение количественных показателей первых двух факторов не встречает принципиальных затруднений при использовании гелиомерной

ческих карт и метеорологических данных. В свою очередь, сведения об интенсивности снеготаяния за разные годы и на разных высотах в рассматриваемом районе ограничены. В соответствии с этим в настоящей работе в качестве косвенного показателя интенсивности снеготаяния принята дата разрушения устойчивого снежного покрова на следующем основании. Анализ метеорологической обстановки в условиях АрмССР показал, что средняя интенсивность снеготаяния находится в прямой зависимости от времени наступления весеннего снеготаяния. Установлено, что при ранней весне интенсивность снеготаяния, как правило, меньше по сравнению с аналогичной величиной при поздней весне. При этом даты разрушения устойчивого снежного покрова и наступления наибольшей интенсивности снеготаяния в большинстве случаев совпадают. Расчеты по отдельным пунктам наблюдений показали, что коэффициент корреляции между средней интенсивностью снеготаяния и датой разрушения устойчивого снежного покрова, как правило, не меньше 0,8. Необходимо также отметить, что между датами (T) разрушения устойчивого снежного покрова (а следовательно, и наибольшей интенсивностью снеготаяния) и прохождением максимальных расходов воды в реках имеется устойчивая связь. Последнее дало возможность дополнительно использовать даты наступления максимальных расходов воды и тем самым повысить надежность расчетных зависимостей $T = f(H)$ (рис. 1).

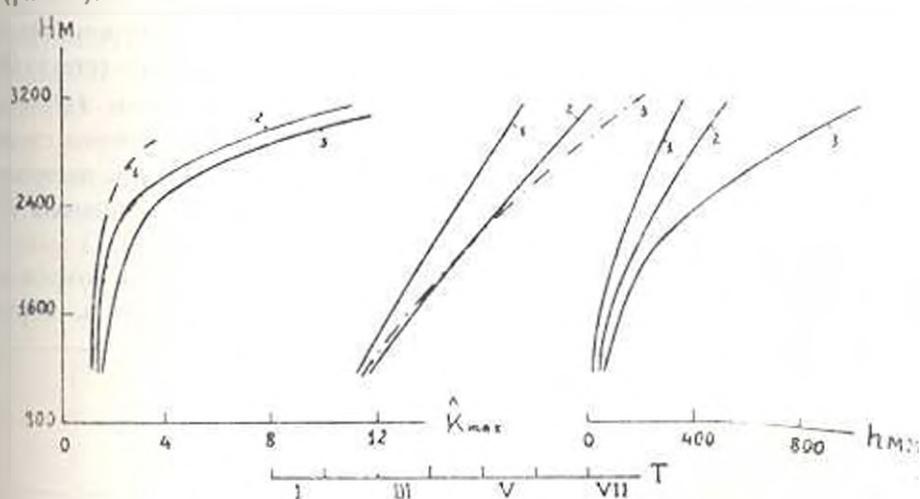


Рис. 1. Зависимости средних значений максимальных коэффициентов динамичности (K_{max}), запаса воды и снега (h) и даты интенсивного снеготаяния (T) от высоты местности (H) в разное по влажности годы.

1 — 1961 г. (маловодный); 2 — 1967 г. (средний); 3 — 1963 г. (многоводный)

В анализе использованы средневзвешенные величины коэффициентов динамичности [2] по дебитам родников в отдельных высотных зонах речных бассейнов. Основная задача заключалась в построении такой схемы расчета, которая давала бы возможность рассчитывать

$$\begin{aligned} \varphi_1(u) &= 1; & \varphi_6(u) &= x_1^{(k)} \cdot x_3^{(k)}; \\ \varphi_2(u) &= x_1^{(k)2}; & \varphi_7(u) &= x_2^{(k)} \cdot x_3^{(k)}; \\ \varphi_3(u) &= x_2^{(k)2}; & \varphi_8(u) &= (x_1^{(k)})^2; \\ \varphi_4(u) &= x_3^{(k)2}; & \varphi_9(u) &= (x_2^{(k)})^2; \\ \varphi_5(u) &= x_1^{(k)} \cdot x_2^{(k)}; & \varphi_{10}(u) &= (x_3^{(k)})^2. \end{aligned}$$

где $(u) = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, x_3^{(k)})$.

Величины $x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, x_3^{(k)}, y_k$ ($i, j = 1, 2, \dots, 10$) определяются при помощи зависимостей средневзвешенных максимальных коэффициентов динамичности (K_{max}), запаса воды в снежном покрове перед началом весеннего половодья (h) и даты интенсивного снеготаяния (T') от высоты местности (H). В качестве примера на рис. 1 приведены такие зависимости для лет, различающихся по водности. Их анализ показывает, что величины рассматриваемых параметров определяются в подиностью года; в многоводном году они больше и, наоборот.

Численные эксперименты, проведенные на ЭВМ показали, что в целях уменьшения отклонения эмпирических точек от аппроксимирующей функции оказалось целесообразным разбить весь интервал высот (1400—3000 м), в пределах которого лежат отметки средневзвешенных высот бассейнов рек исследуемой территории, на три высотных диапазона: 1400—1950 м, 1950—2250 м и 2250—3000 м. Определение параметров формулы (1) для каждого из диапазонов производилось отдельно, при показателе степени аппроксимирующего полинома, равным 2. Попытки увеличить показатель степени до 3—4 с соответствующим увеличением числа коэффициентов в формуле (1) не привели к существенному уменьшению среднеквадратичного отклонения E .

Результаты расчетов сведены в табл. 1 и 2, откуда следует, что величины E в пределах 4,3—17,8% (при среднем значении 11,2%).

Таблица 1

Коэффициенты аппроксимирующего полинома (с)

с	Интервалы высот, м		
	1400—1950	1950—2250	2250—3000
c_1	$7,156 \cdot 10^{-2}$	$2,456 \cdot 10^{-1}$	$1,464 \cdot 10^2$
c_2	$-5,827 \cdot 10^{-3}$	$2,826 \cdot 10^{-1}$	$-1,251 \cdot 10^{-1}$
c_3	$-8,424 \cdot 10^{-3}$	$1,273 \cdot 10^{-1}$	$1,718 \cdot 10^{-1}$
c_4	$1,367 \cdot 10^{-1}$	$-5,495 \cdot 10^{-1}$	$-2,796 \cdot 10^{-1}$
c_5	$2,736 \cdot 10^{-1}$	$-3,183 \cdot 10^{-2}$	$-5,532 \cdot 10^{-2}$
c_6	$3,078 \cdot 10^{-1}$	$3,642 \cdot 10^{-1}$	$9,988 \cdot 10^{-1}$
c_7	$-2,718 \cdot 10^{-1}$	$-1,034 \cdot 10^{-3}$	$-3,870 \cdot 10^{-1}$
c_8	$-7,316 \cdot 10^{-1}$	$-6,410 \cdot 10^{-6}$	$2,647 \cdot 10^{-2}$
c_9	$-5,781 \cdot 10^{-5}$	$1,749 \cdot 10^{-1}$	$7,037 \cdot 10^{-2}$
c_{10}	$-3,412 \cdot 10^{-1}$	$4,476 \cdot 10^{-1}$	$7,892 \cdot 10^{-1}$

Таблица 2

Среднеквадратичные отклонения (E) рассчитанных коэффициентов динамичности от измеренных для различных высот местности (H)

$H, м$	$E, \%$	$H, м$	$E, \%$	$H, м$	$E, \%$
1400	9,0	2000	17,8	2600	7,3
1500	10,9	2100	17,8	2700	5,8
1600	10,1	2200	14,4	2800	5,5
1700	13,5	2300	18,3	2900	4,3
1800	14,5	2400	14,0	3000	5,3
1900	16,6	2500	9,5		

Необходимо подчеркнуть, что при определении параметров уравнения (1) использовались данные о родниковом стоке, снеготанасах и датах разрушения устойчивого снежного покрова за все годы периода 1960–

70 гг. Поэтому значение коэффициентов аппроксимирующего уравнения в табл. 1 следует считать средним за многолетний период. Вместе с тем, небольшие значения среднеквадратических отклонений ежегодных данных от аппроксимирующей функции со среднемноголетними параметрами, во-первых, свидетельствуют о правильном выборе природных факторов, принятых в качестве аргументов, и, во-вторых, дают возможность использовать данные табл. 1 при расчетах не только среднемноголетних значений коэффициентов динамичности в исследуемом районе, но и их величины за отдельные годы.

В связи с тем, что в диапазоне высот 1900–2300 м происходит более резкое изменение кривизны зависимостей $K_{мд}, h, T = f(H)$ (рис. 1), разброс точек здесь несколько больше. Об этом же свидетельствуют и величины среднеквадратических отклонений, приведенные в табл. 2. Относительно меньшая устойчивость параметров уравнения (1) в указанном диапазоне высот дает основание считать, что природные условия формирования подземного стока здесь более разнообразные, чем на остальных высотах.

Полученные результаты показывают, что рассматриваемый способ расчета коэффициентов динамичности при отсутствии данных наблюдений за родниковым стоком с использованием данных о высоте местности, запасе воды в снежном покрове и датах разрушения устойчивого снежного покрова позволяет вычислять значение этих коэффициентов в среднемноголетнем разрезе и по отдельным годам с погрешностью меньше 20%.

Расчет коэффициентов динамичности подземного стока в реки рассматриваемого района АрмССР предлагаемым способом при отсутствии данных наблюдений за режимом родников производится следующим образом.

1. Определяются величина запаса воды в снежном покрове и координаты и дата разрушения устойчивого снежного покрова на необходимой высоте. Расчеты целесообразнее производить по зависимостям $h = f(H)$

$T = f(H)$. При наличии достаточного числа пунктов гидрометеорологических наблюдений эти зависимости могут быть построены по отдельным речным бассейнам, высотным зонам, горным склонам разной экспозиции и т. и., что увеличит общую точность расчета. При построении графиков $T = f(H)$, кроме дат разрушения устойчивого снежного покрова, целесообразнее дополнительно использовать даты прохождения максимальных расходов воды на реках в период весеннего половодья, которые, как это показано выше, практически совпадают.

Если расчеты коэффициента динамичности производятся за какой-то отдельный год, то зависимости $h = f(H)$ и $T = f(H)$ строятся за тот же год. При необходимости рассчитать средний коэффициент динамичности за многолетний период построение рассматриваемых зависимостей производится по среднегодовым данным об h и T .

2. По известным значениям H , h и T по формуле (1) рассчитывается коэффициент динамичности. При этом коэффициенты аппроксимирующего полинома (c) берутся из табл. 1.

По мнению автора рассмотренный способ может быть применен в других горных районах для рек с несходящим типом подземного стока. При этом возможно использовать дополнительные факторы, определяющие коэффициенты динамичности подземного стока в реки, например, объем весеннего половодья и другие.

Изложенная методика может давать положительные результаты при однородных, или близких к ним геологических условиях местности при неглубоком залегании водоупора.

Поступило 27 XII 1974

Վ. Ն. ԱՐԿԻԱՆ

ԳԵՊԻ ԸՆԹԱՅԻՆ ԿԵՏԻՐ ԱՏՈՐԵՐԿՐՅԱԸ ՇՈՒՔԻ ԿԵՂԱՍԻԿՈՒԹՅԱՆ
ԿՈՒՐՏԱԿԻՑԻ ՇՈՇՂԱՐԿԸ ԸՈՏ ՇԻՔՐՈՄԵՏՈՐՈՒՄԿՈՒՄԱՆ ՏՂՅԱԸՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ս ռ

Քննարկվում է լեռնային երկրներում ղեպի գետ ստորերկրյա հոսքի ղինամիկության պրծակցի հաշվարկի մեթոդը ազատ հոսման սեծիմի ղեպրում՝ ըստ հիդրոմետեորոլոգիական ինֆորմացիայի Ագրյուրների սեծիմի բնութագրող ադյանների բաղակալության ղեպրում այդ ինֆորմացիայի պաղարծումը հնարավորություն է տալիս որոշելու ղինամիկության պրծակիդր մինչև 20% սխալով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Попов О. В. Подземное питание рек Л. Гидрометеоиздат, 1968.
2. Саркисян В. О. К методике расчета подземного стока в горные реки (на примере р. Ахат в Армении). Тр. ГГИ, вып. 213, 1974.
3. Динник Ю. В. Метод наименьших квадратов в основе математико-статистической теории обработки наблюдений. Физматгиз, М., 1962.