

Гидрология

Ш. А. ШАХБАЗЯН

О ГИДРОХИМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПОДЗЕМНОГО СТОКА ДЛЯ РЕК С РОДНИКОВЫМ ПИТАНИЕМ

Рассмотрим гидрохимический метод определения подземной составляющей речного стока, предложенный А. Т. Ивановым [1]. В этом методе принимается, что общая минерализация речной воды находится в обратной зависимости от расхода воды в реке. При указанном допущении по имеющемуся годовому циклу наблюдений за расходами реки и концентрации одного из компонентов минерализации речной воды (в данном случае хлорного числа, как наиболее устойчивого) можно определить величину подземной составляющей, исходя из следующих зависимостей:

$$v = v_1 + v_2; \quad (1)$$

$$vC = v_1C_1 + v_2C_2, \quad (2)$$

где v — объем речного стока за расчетный период, v_1 — объем подземной составляющей за это же время; v_2 — объем поверхностной составляющей речного стока; C — концентрация компонента минерализации в речной воде; C_1 — концентрация того же компонента в подземных водах (максимальная концентрация); C_2 — концентрация этого компонента в поверхностных водах.

Решение уравнений (1) и (2) относительно v_1 дает

$$v_1 = v \frac{C - C_2}{C_1 - C_2}. \quad (3)$$

При $C = C_1$, $v_1 = v$, т. е. при максимальной концентрации, имеется только подземный сток; при $C = C_2$, $v_1 = 0$, т. е. при минимальной концентрации подземный сток отсутствует. Формула (3) применима для больших равнинных рек с незначительной долей питания за счет нисходящих родников. Для горных рек нисходящие родники играют существенную роль. Поэтому здесь при $C = C_2$ величина $v_1 > 0$, т. е. подземный сток имеется и при минимальной минерализации речной воды, поскольку нисходящие родники (переменные внутри года) постоянно пополняют речной сток.

Расчеты по выделению подземной составляющей стока с учетом дебита нисходящих родников, гидравлически не связанных с рекой, выполненные нами по методу Ф. А. Макаренко [2] для бассейна р. Ка-

сах показали, что нисходящие родники составляют для этого бассейна 20—38% от полного стока и 32—80% от подземного стока. В частности, для р. Касах у с. Аштарак доля нисходящих родников от полного стока составляет 27%, а от подземного—примерно 53%. Как видно из приведенных цифр, сток нисходящих родников играет существенную роль. Поэтому метод [1] для горных рек должен быть видоизменен.

Будем считать, что подземный сток состоит из двух частей: из стока нисходящих родников, гидравлически не связанных с рекой, расход которых можно определить по кадастровым данным родников: грунтовых вод, поступающих из водоносных горизонтов, восходящих в русле реки родников и инфильтрационных вод атмосферных осадков. В рассматриваемом случае уравнение общего стока реки можно написать в следующем виде:

$$v = v_n + v_p + v_g, \quad (4)$$

где v — полный объем речного стока; v_n — объем поверхностного стока; v_p — объем стока нисходящих родников; v_g — объем грунтовых вод, поступающих из водоносных горизонтов и восходящих в русле реки родников.

Соответственно уравнение (2) перепишется в виде:

$$vC = v_n C_n + v_p C_p + v_g C_g, \quad (5)$$

где C , C_n , C_p и C_g — концентрации хлор-иона соответственно в речной воде, в поверхностном стоке и нисходящих родниках и в грунтовых водах, поступающих из водоносных горизонтов.

Подставляя сюда v_p из (4), после преобразований получим

$$v_p = \frac{v(C - C_n) - v_n(C_n - C_p)}{C_p - C_n}. \quad (6)$$

В этой формуле все члены, кроме C_n и v_n , известны.

Для определения этих неизвестных следует отдельно рассмотреть зимнюю и летне-осеннюю межень, а также половодный период (III—VII месяцы).

Для периода межени в выражениях (4) и (5) $v_n = 0$ и поэтому:

$$C_n = \frac{vC - v_g C_g}{v - v_g}. \quad (7)$$

После определения из выражения (7) концентрации C_n для каждого месяца вычисляется среднее значение C_n для всего периода межени. Объем восходящих родников (v_n) для периода половодья определяется путем подстановки найденного среднего значения C_n в формулу (6). При этом в (6) концентрация хлора в поверхностном стоке (C_p) должна быть исправлена, так как она определяется в периоды паводков, когда в речной воде присутствует какая-то часть подземной воды и потому истинное значение C_p несколько меньше концентрации хлора в речной воде во время паводков.

Это обстоятельство можно учесть, исходя из площадей живого сечения русла в рассматриваемом створе при меженном горизонте и в период паводка; исходя из расходов в периоды межи и паводка.

В первом случае имеем:

$$C_{\text{п}} = \frac{\omega_1 C_{\text{пав}} - \omega_2 C_{\text{м}}}{\omega_1 - \omega_2} \quad (8)$$

где ω_1 и ω_2 соответственно площади живого сечения реки при паводковом и меженном горизонтах; $C_{\text{пав}}$ и $C_{\text{м}}$ концентрации хлора в речной воде соответственно в периоды паводка и межи. Полученное из (8) значение $C_{\text{п}}$ подставляется в формулу (6) и находятся величины $t_{\text{п}}$ для разных месяцев периода половодья.

Во втором случае имеем:

$$C_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{пав}} C_{\text{пав}} - Q_{\text{м}} C_{\text{м}}}{Q_{\text{пав}} - Q_{\text{м}}} \quad (9)$$

где $Q_{\text{пав}}$ и $Q_{\text{м}}$ — расходы реки в паводок и в межень.

Расчет по предлагаемой методике для р. Касах у с. Аштарак (1955 г.), приводится ниже. Для рассматриваемого случая были использованы следующие исходные материалы:

1) средние-месячные расходы воды в $\text{м}^3/\text{сек}$ по опубликованным данным УГМС;

2) содержание хлорного числа (Cl') в реке за каждый месяц в мг/л из ежегодника 1955 г. (вып. 2—5);

3) содержание Cl' в нисходящих родниках бассейна р. Касах в мг/л по данным УГНОН;

4) кадастровые данные по дебиту и режиму нисходящих родников в $\text{м}^3/\text{сек}$ по данным УГНОН. При этом содержание Cl' в речной воде привязывалось к суточным значениям расходов реки в день взятия пробы (табл. 1).

Данные о содержании Cl' в речной воде имеются только для восьми месяцев (II, III, IV, V, VIII, IX, X, XII). Химический анализ производился в различные дни месяца, причем в апреле и мае проба бралась непосредственно до и после прохождения пика паводка. Величины Cl' за недостающие месяцы были восстановлены по кривой связи $Cl' = f(Q)$. На рис. 1 показана кривая изменения хлорного числа по месяцам и кривая связи $Cl' = f(Q)$.

Для нисходящих родников из имеющихся данных за 1955 г. бы-



Рис. 1. Кривые изменения хлорного числа по месяцам (кривая 2) и его зависимости от среднемесячных расходов воды р. Касах у с. Аштарак за 1955 г. (кривая 1)

ла определена средневзвешенная величина Cl' , которая и принималась для расчета. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

В табл. 1 $v_{\text{реч}}$ — суточные расходы реки в дни взятия пробы; $v_{\text{реч}}$ — среднемесячные расходы воды (в скобках в табл. 1 и ниже да-

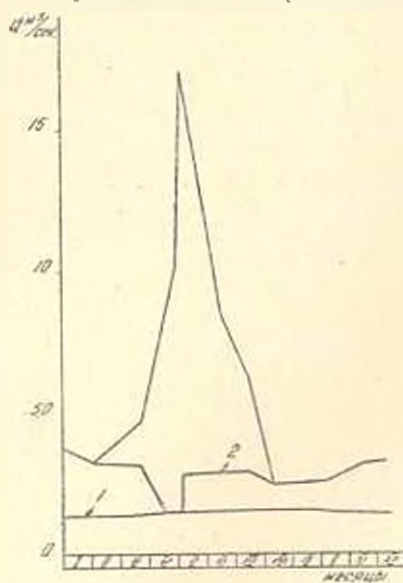


Рис. 2. Выделение подземной составляющей стока на гидрографе р. Касках у с. Аштарак за 1955 г. 1—гидрограф родников; 2—кривая по способу автора.

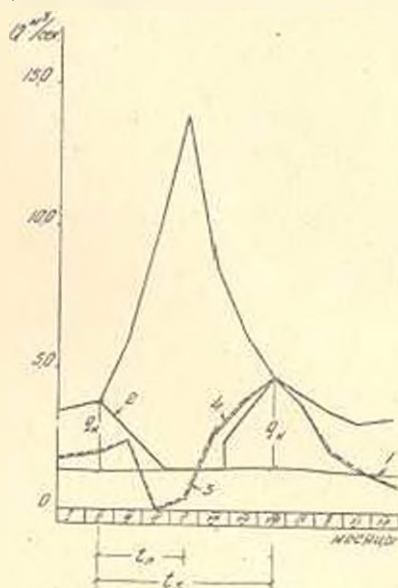


Рис. 3. Выделение подземной составляющей стока на гидрографе р. Касках у с. Аштарак за 1955 г. 1—гидрограф родников; 2—по Н. Н. Веригину; 3—по А. Т. Иванову без поправки; 4—то же с поправкой.

ны восстановленные значения). На рис. 2 представлены график суточных расходов р. Касках у с. Аштарак в день взятия пробы и кривая подземной составляющей, полученная по способу автора.

На рис. 3 приведен график подземного стока (кривая 2), построенный на основании исследований Н. Н. Веригина [3], который, исходя из тех же принципов, что и З. Ф. Аверьянов [4], исключает гидродинамические параметры и в отличие от последнего определяет грунтовый сток только в зависимости от расходов реки в начале половодья q_n и в конце его q_k , а также в зависимости от динамического коэффициента $m = f(L/t_n)$, где L — продолжительность периода половодья, а t_n — период подъема волны половодья.

Для этого же створа и года был применен метод А. Т. Иванова без поправки (рис. 3, кривая 3) и с поправкой (рис. 3, кривая 4), величины C_n по формуле (9). Для рассматриваемого случая $C_1 = 24,2 \text{ мг/л}$ и $C_n = 2,1 \text{ мг/л}$. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

На совмещенном графике (рис. 4) приведены гидрографы подземного стока, построенные по предлагаемому способу (кривая 1), по Н. Н. Веригину с учетом дебига и режима нисходящих родников

Меcны	I	II	III	IV	V	VI
$v_{\text{реч}} \text{ м}^3/\text{сек}$	3,54	3,26	4,68	10,3	17,1	8,56
$v'_{\text{реч}} \text{ м}^3/\text{сек}$	2,51	3,82	6,07	9,68	13,9	8,56
$v_{\text{II}} \text{ м}^3/\text{сек}$	1,39	1,34	1,37	1,42	1,46	1,48
$C \text{ мг/л}$	12,0	13,7	11,0	2,1	2,8	5,7
$C_{\text{II}} \text{ мг/л}$	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
$C_{\text{в}} \text{ мг/л}$	6,56	8,95	13,0	13,0	13,0	13,0
$v_{\text{в}} \text{ м}^3/\text{сек}$	2,15	1,92	1,60	-0,56	1,33	1,39
$v_{\text{под}} \text{ м}^3/\text{сек}$	3,54	3,26	3,17	1,42	2,79	2,87

Меcны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VI
$v_{\text{реч}}$	3,54	3,82	6,07	9,88	13,9	8,56	6,21	4
C	—	13,7	11,0	2,1	2,8	(5,7)	(8,0)	24
$v_{\text{в}}$	1,86	2,0	2,43	0	0,44	2,74	7,87	4
v_{I}	1,87	2,02	2,47	0,05	0,50	2,82	3,97	4

Таблица 1

VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
6,24	2,41	2,5	2,58	3,19	3,26	—
6,24	4,72	4,13	3,51	3,19	3,31	5,90
1,52	1,55	1,55	1,47	1,45	1,40	1,45
8,0	24,2	22,6	15,6	12,8	9,9	—
20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	—
13,0	30,8	26,2	9,2	6,5	1,93	—
1,42	0,9	0,95	1,11	1,74	1,86	1,38
2,91	2,44	2,50	2,58	3,19	3,25	2,83

Таблица 2

	IX	X	XI	XII	Год.	Примечание
72	4,13	3,51	3,19	3,31	5,90	
2	22,6	15,6	(12,8)	9,9	—	
72	3,83	2,14	1,55	1,17	2,22	Без поправки
72	3,83	2,15	1,55	1,18	2,26	С поправкой

бассейна (кривая 2) и по гидрохимическому методу [1] с поправкой (кривая 3) и без поправки (кривая 4). В процентном отношении подземный сток, определенный по предлагаемому способу, составляет 47%.



Рис. 4. Совмещенные графики подземного стока, построенные различными методами. 1—по способу анюра; 2—по Н. Н. Веригину; 3—по А. Т. Иванову с поправкой; 4—то же без поправки.

по Н. Н. Веригину—50%, а по А. Т. Иванову—38 и 39% (соответственно без поправки и с поправкой). Предлагаемый способ вычисления величины подземного стока следует рассматривать, как первую попытку применения гидрохимического метода к горным рекам с родниковым питанием, который в дальнейшем должен быть уточнен с учетом гидрогеологических особенностей рассматриваемой территории и проверен на возможно большем числе рек.

ИНП АН Армянской ССР

Поступило 29.XII 1962

Շ. Ա. ՇԱԽԲԱԶՅԱՆ

ԱՂՅԱՑՈՒՐՆԵՐԻՑ ՍՆՎՈՂ ՓԵՏԵՐԻ ՍՏՈՐԵՐԻՐՅԱ ՀՈՍԲԻ ՈՐՈՇՄԱՆ
ՀԻՐԱՔԵՐՄԻԱԼՈՒՄ ԵՂԱՆՆՈՒՎ ՎԵՐԱՆԵՐՈՒՄ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. մ

Հողթափում գիտարկվում է գետերի հոսքի ստորերկրյա բաղադրիչի որոշման հիդրոքիմիական եղանակի կիրառումը հայկական լեռնային գետերի նկատմամբ: Վերլուծությունը կատարված է Ա. Տ. Իվանովի առաջարկած եղանակով: Վերջինս ելնում է ափ ընդունելությունից, որ գետի ջրի ընդհանուր միներալիզացիան հակադարձ համեմատական է ջրի ելքից: Արտեզից մասնավորապես հետևում է, որ միներալիզացիայի ամենամեծ կոնցենտրացիայի

գեպրում դետում կա միայն ստորերկրյա հոսք, իսկ նվազագույնի գեպրում ալն ամբողջովին բացակայում է: Այս կոնցեպցիան Հայկական ՍՍՌ լեռնային գետերի համար կիրառելի չէ, որովհետև նրանք ունեն զլիտվորապես աղբյուրային սնում: Ելնելով զրանից, նշված գետերի համար մշակված է մի եղանակ, որը միներալիզացիայից բացի հաշվի է առնում նաև սնող փորրնթաց աղբյուրների գերիորդ և սեփմբու Այլ կատարվում է գետի հոսքի բնոհանուր միներալիզացիայի և նրա համապատասխան բաղադրիչների մակերեսային ու զրունային ջրերի և փորրնթաց աղբյուրների հոսքի բալանսի սղնթմբամբ: Քասալս գետի օրինակի վրա կատարված հաշվարկները ցույց են տվել, որ առաջարկվող եղանակով հոսքի ստորերկրյա բաղադրիչն բստ տարեկան հոսքի ստացվում է տվելի փոքր, քան այլ եղանակով հաշվման գեպրում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. Т. Назков. Определение подземной составляющей речного стока гидрохимическим способом. Тр. лаборатории гидрогеологических проблем, т. III, Известия АН СССР, № 7, 1948.
2. Ф. А. Макаренко. Некоторые результаты изучения подземного стока. Тр. лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, т. I, 1948.
3. Н. Н. Веригин. Методические указания по оценке ресурсов (запасов) подземных вод Араратской долины. Ереван, 1962. (рукопись).
4. С. Ф. Аверьянов. Некоторые вопросы подземного питания равнинных рек. Тр. Всесоюзного гидрологического съезда, т. IX, XI, 1959.