

ОТНОСНО ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ СЪСЕДНИТЕ СТОЙНОСТИ НА ГОДИШНИЯ ОТТОК ПРИ ХРОНОЛОГИЧНИТЕ РЕДИЦИ

Л. Зяпков и М. Калчинова

В хидрологията годишните величини на речния отток се разглеждат обикновено като „случайни“ стойности със сравнително малка свързаност между съседните години. Това условно предположение разкрива широк простор и на теорията на вероятностите и всички вероятно статистически методи при хидроложките изследвания (М. А. Великанов, С. Н. Критци и М. Ф. Менкел, Д. Л. Соколовски и др.). Например Д. Л. Соколовски (1959) пише „... колебанията на годишния отток, също така и максималния, и минималния, и други характеристики на оттока във времето могат да се разглеждат като „случайни“, тъй като се обуславят от измененията във времето на толкова голямо количество действащи фактори, че тяхното съвкупно действие и получените закономерности могат да се изучават на дадения етап с вероятностни методи“. Многочислените изследвания през последните години измениха схващанията относно „случайния“ характер на всички хидроложки редици и допринесоха за развитието на теорията на хидрологията (Ю. А. Алехин, 1963; Н. В. Соколов, 1963; И. П. Дружинин, З. П. Коноваленко и др., 1966; Г. П. Калинин, 1968; Н. Ф. Дементев, 1969 и др.). Резултатите от изследванията доказват, че пълното елиминиране на свързаността между съседните стойности на годишния отток противоречи на действителността. Независимо от малките стойности на корелационните коефициенти свързаност между годишните оттоци на съседните години съществува и произлиза от определени генетични процеси.

Настоящите разработки целят да насочат вниманието към проблема за свързаността на хидроложките редици и представляват опит за разглеждане на някои негови страни от генетично гледище. Получените резултати имат предварителен характер.

При анализите се използват отточните хронологични редици на 23 речни басейна (за период 1935 /1936—1969/ 1970 г.), разположени в различни райони на България. Корелационните коефициенти (К) се определят между средногодишния отток на съседните години посредством метода на най-малките квадрати (вж. табл. 1). Изчислените коефициенти на корелация имат твърде различни стойности, които варират от $-0,112$ до $+0,466$. Според степента на свързаност на разглежданите редици се различават три категории басейни:

I. *Басейни със слаба положителна корелационна зависимост между съседните стойности на годишния отток*, напр. Осъм — Троян ($K=0,221 \pm 0,094$), Осъм — Градище ($K=0,086 \pm 0,041$), Мочурица — с. Воденичене ($K=0,206 \pm 0,138$), Марица — г. Белово ($K=0,010 \pm 0,125$), Тополница — с. Поибрене ($K=0,217 \pm 0,119$), Места — с. Кремена ($K=0,127 \pm 0,119$), Струма — с. Ръждавица ($K=0,203 \pm 0,114$), Ерма — гр. Трън ($K=0,123 \pm 0,117$) и др. Както се вижда, тези басейни имат твърде малки стойности на корелационните коефициенти — от 0,000 до 0,200 — и значителни средни квадратични грешки на коефициентите.

II. *Басейни със сравнително по-голяма положителна корелационна зависимост между годишните оттоци на съседните години*. Корелационните коефициенти в тези басейни съставляват над 0,200 — 0,220 и превишават съществено средните квадратични грешки на тяхното изчисление, например Огоста — с. Гложене ($K=0,349 \pm 0,104$), Златна Панега — с. Петревене ($K=0,260 \pm 0,123$), Янтра — с. Чолаковци ($K=0,466 \pm 0,093$), Рус. Лом — с. Бесарбово ($K=0,304 \pm 0,106$), Луда Камчия — с. Аспарухово ($K=0,398 \pm 0,100$), Мътивир — мест. Серсемкале ($K=0,246 \pm 0,118$), Скът — гр. Мизия ($K=0,313 \pm 0,107$), Крумовица — гр. Крумовград ($K=0,285 \pm 0,117$), Бистирица — Соголяно ($K=0,236 \pm 0,112$) и др. Сравнително по-големите корелационни коефициенти при тези басейни дават основание да се твърди, че съществува някаква свързаност между годишния отток на съседните години, която не може да се пренебрегва.

III. *Басейни с отрицателна корелативна зависимост между годишния отток на съседните години*. Такава свързаност се установява напр. на р. Искър при яз. „Искър“ ($K=-0,112 \pm 0,124$).

Средната стойност на коефициента на корелация между годишния отток на съседните години на използваните хронологически редици съставлява $0,235 \pm 0,107$.

В СССР Н. Ф. Дементев (1969) за 60 реки установява корелационни коефициенти от $-0,03$ (на р. Хопер) до $+0,50-0,70$ (р. Ангара, Об, Невъ, Нарва и др.). При изчисленията на П. Е. Ефимович (1936) за 25 реки се получава среден коефициент на корелация на годишния отток $+0,33 \pm 0,04$. Според Д. Л. Соколовски, ако от 25-те реки се изключат 7 реки със значително езерно подхранване, средният корелационен коефициент за 18-те реки съставлява $+0,22 \pm 0,19$. Поради предимно малките значения на корелационния коефициент М. А. Великанов (1964) смята, че „може да не се направи положителният извод за правомерността на приемането към многогодишните колебания на речния отток, апарата на кривите на разпределение, а следователно и най-логично построената и най-простата крива гама разпределение“. По-нататък обаче той констатира, че „многогодишните редици, които отстъпват от условието $C_s \geq C_v$, остават, както преди, в неопределено положение“.

Взаимовръзката между непосредствено следващите съседни стойности на годишния отток произлиза от неговия генезис. Последният, както е известно, представлява сумарен резултат от извънредно слож-

ните процеси на взаимодействие между физикогеографските условия на речните басейни и техните ритмични изменения във времето. Годишният сумарен отток през отделните хидроложки години на речните басейни се формира от водите, останали във водосборите от изтеклата година, и от водите, образувани през следващата година (Н. Ф. Дементев, 1969). В този смисъл структурата на годишния сумарен отток се представя най-обобщено посредством равенството:

$$R = R_{\text{мин.}} + R_{\text{след.}}$$

където

R е годишният сумарен отток през дадена хидроложка година,
 $R_{\text{мин.}}$ — сумарният отток, формиран през изтеклата година (*пре-хождащ отток*), и

$R_{\text{след.}}$ — сумарният отток, формиран през следващата година (*след-ващ отток*).

Прехождащият и следващият отток имат най-различни количествени съотношения на отделните поречия и хидроложки години. Величината на прехождащия отток, т. е. водите, които прехождат от изтеклата към следващата и от следващата към по-следващата хидроложка година, създава свързаността между годишния отток на хронологически следващите съседни години. Прехождищите води зависят от ретензионните способности на речните басейни, обусловени от характера на подстилащата повърхнина, метеорологичните условия през съответните хидроложки години и размерите на водосборните площи.

Във водосбори със слаби акумулиращи способности през всяка хидроложка година (или повечето години) се осъществява приблизително цялостен кръговрат (оттичане и изпарение) на падналите валежи. Тогава измененията на годишните водни маси при относително еднородни във времето физикогеографски условия зависят предимно от климатичните фактори, определящи приходните и разходните елементи на водния баланс през отделните години. При тези случаи ограничените количества на прехождащите години или пълното отсъствие на прехождащ отток през много от хидроложките години, създават слаба свързаност между годишния отток на съседните години.

Във водосбори със значителни ретензионни способности, обратно, съществуват възможности за задържането на водни маси, повишаване на лятно-есенния отток и прехождане на известни водни количества от изтеклата към следващата хидроложка година.

От посоченото следва, че величината на корелационния коефициент (K) между средногодишния отток на непосредствено следващите хидроложки години зависи от стойността на прехождащия отток ($R_{\text{мин.}}$) от изтеклата към следващата хидроложка година. Размерите на прехождащия отток могат да бъдат преценени косвено посредством корелационна зависимост (K') между сумарния отток през лятно-есенния период (напр. юли — октомври) на изтеклата година и сумарния отток през есенно-зимния период (напр. ноември — февруари) на следващата годи-

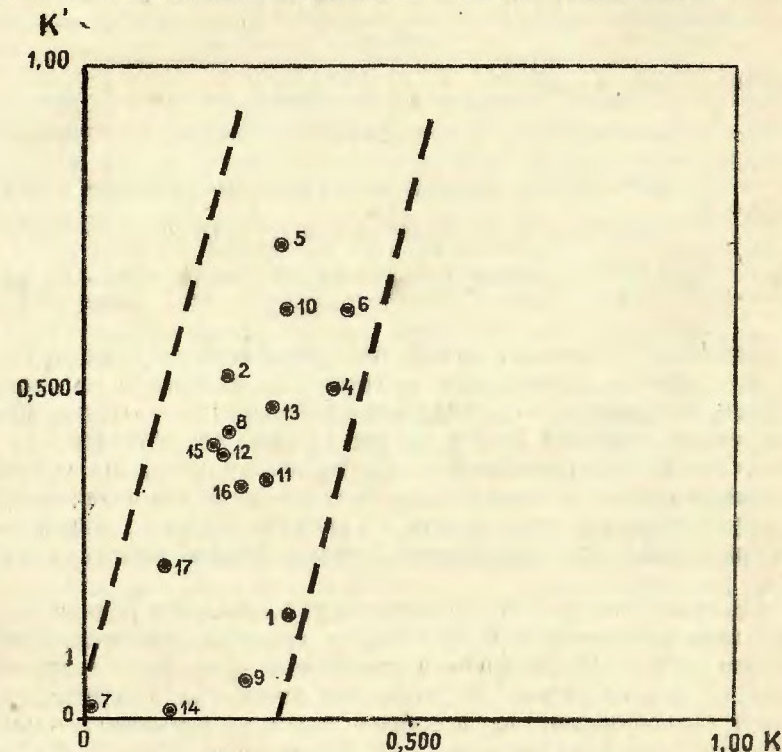
Таблица 1
Коефициент на корелация (K) между непосредствено следващите съседни стойности на годишния отток

Река и водочет	Площ на басейна, км ²	Ср. год. отток, м ³ /сек	Коефициент на корелация (K)
Огоста — с. Гложене	3090	21,2	0,349 ± 0,104
Скът — гр. Мизия	1040	2,03	0,313 ± 0,107
Искър — яз. „Искър“	1040	11,8	-0,112 ± 0,124
Златна Панега — с. Петревене	180	4,06	0,260 ± 0,123
Осьм — гр. Троян	465	6,36	0,221 ± 0,094
Осьм — с. Градище	2460	14,8	0,086 ± 0,041
Янтра — с. Чолаковци	1290	11,2	0,466 ± 0,093
Росица — гр. Севлиево	1090	10,4	0,384 ± 0,102
Р. Лом — с. Бесарбово	2940	6,36	0,304 ± 0,106
Л. Камчия — с. Аспарухово	1530	9,20	0,398 ± 0,100
Марица — г. Белово	741	9,05	0,010 ± 0,125
Тополница — с. Поибрене	904	7,39	0,217 ± 0,119
Мътвир — мест. Серсемкале	389	1,48	0,246 ± 0,118
Омуровска — с. Партизанин	266	0,86	0,300 ± 0,030
Първенечка — с. Храбрино	179	1,33	0,276 ± 0,110
Мочурица — с. Воденичене	1110	3,21	0,206 ± 0,138
Крумовица — Крумовград	498	9,10	0,285 ± 0,117
Върбица — г. Джебел	1150	19,16	0,282 ± 0,111
Места — с. Кремена	1510	22,5	0,127 ± 0,119
Струма — с. Ръждавица	2170	10,5	0,203 ± 0,114
Струма — с. Марино поле	10200	74,3	0,132 ± 0,135
Бистрица — с. Соголяно	257	2,31	0,236 ± 0,112
Ерма — гр. Трън	358	2,58	0,123 ± 0,117

Таблица 2
Коефициент на корелация (K') между средния отток през маловодния период (VII—X) на изтеклата година и средния отток през есенно-зимния период (XI—II) на следващата хидроложка година

№	Река и водочет	Коефициент на корелация (K')	Степен на корелация
1	Скът — гр. Мизия	0,160 ± 0,116	много слаба
2	Осьм — гр. Троян	0,530 ± 0,080	значителна
3	Янтра — с. Чолаковци	0,251 ± 0,141	много слаба
4	Росица — гр. Севлиево	0,506 ± 0,121	значителна
5	Рус. Лом — с. Бесарбово	0,729 ± 0,055	голяма
6	Луда Камчия — с. Аспарухово	0,625 ± 0,092	значителна
7	Марица — г. Белово	0,024 ± 0,120	много слаба
8	Тополница — с. Поибрене	0,438 ± 0,122	умерена
9	Мътвир — мест. Серсемкале	0,061 ± 0,134	много слаба
10	Омуровска — с. Партизанин	0,633 ± 0,051	значителна
11	Първенечка — с. Храбрино	0,371 ± 0,176	умерена
12	Мочурица — с. Воденичене	0,407 ± 0,098	умерена
13	Крумовица — гр. Крумовград	0,480 ± 0,111	умерена
14	Места — с. Кремена	0,012 ± 0,119	много слаба
15	Струма — с. Ръждавица	0,419 ± 0,096	умерена
16	Бистрица — с. Соголяно	0,355 ± 0,150	умерена
17	Ерма — гр. Трън	0,236 ± 0,112	много слаба

на (табл. 2). Следователно между K и K' съществува определена право пропорционална зависимост — при увеличаване на K' в общи линии нараства K и, обратно, при намаляване на K' — намалява и K (фиг. 1). Като правило стойностите на K' са положителни, защото между сумарния отток през лятно-есенния период на изтеклата година и сумарния отток през есенно-зимния период на следващата година съществува право пропорционална зависимост. Стойностите на K' зависят от



Фиг. 1. Зависимост между коефициента на корелация между съседни стойности на годишния отток (K) и коефициента на корелация между среден отток през маловодния период (VII—X) на изтеклата година и среден отток през периода (XI—II) на следващата година (K')

Номерацията на точките съответствува на номерата на речните басейни в табл. 2

величината на преходящия отток, респективно от акумулиращите способности на речните басейни. Отрицателни значения на K' се получават, когато в хронологичните редици се наблюдават много случаи (години) на значително по-малки или по-големи стойности на оттока от съответните средни (за периода) величини.

Изчисленията установиха известна закономерност между степента на свързаност и промеждутъка години, отделящ съседните години.

Коефициентът на корелация намалява при увеличаване на промеждутъка години, между които се изчислява свързаността на съседните стойности на годишния отток (вж. табл. 3).

Таблица 3

Изменение на коефициента на корелация (K) при увеличаване на промеждутъка години между съседните стойности на годишния отток

Река и водочет	Коефициент на корелация				
	между съседни години	през 1 година	през 2 години	през 3 години	през 4 години
Ятра с. Чолаковци	$0,466 \pm 0,093$	$0,287 \pm 0,109$	$0,113 \pm 0,117$	$0,072 \pm 0,118$	$-0,254 \pm 0,111$
Марица — г. Белово	$0,010 \pm 0,125$	$0,056 \pm 0,124$	$0,205 \pm 0,120$	$0,117 \pm 0,012$	$-0,001 \pm 0,125$
Места — с. Кремена	$0,127 \pm 0,119$	$0,069 \pm 0,120$	$0,246 \pm 0,114$	$0,196 \pm 0,116$	$-0,138 \pm 0,119$

Повишената свързаност между непосредствено следващите съседни годишни стойности произхожда предимно от влиянието на преходящия отток. Свързаността на съседните стойности при по-големи промеждутъци между годините (две и повече години) се обуславя главно от свързаността на метеорологичните условия между отделните хронологично следващи години. Влиянието на подстилащата повърхнина, определяща акумулиращите способности на речните басейни, върху свързаността намалява при увеличаване промеждутъка между съседните години.

Въпросите относно свързаността на хидроложките редици имат непосредствено отношение към проблемата за многогодишните колебания на речния отток. Изследванията, проведени през последните години, показваха, че всички редици на годишния отток със свързани съседни стойности се подчиняват на всеобщия закон за ритмичните колебания на физикогеографските явления (Т. В. Покровская, 1969; В. Ф. Логинов и Н. П. Коликова, 1971; Картавешвили, 1967 и др.). При хронологичните редици със слаба корелативна зависимост между съседните стойности ритмичните колебания произтичат изключително от многогодишните колебания на метеорологичните колебания. В тези случаи подстилащата повърхнина има значение дотолкова, доколкото осигурява цялостно изразходване (повърхностно, подземно оттичане и изпарение) на падналите валежи през отделните години (периоди). Когато съществува доказана положителна корелативна зависимост между съседните стойности, освен цикличните колебания на метеорологичните условия съществено влияние върху многогодишните колебания на речния отток оказват и акумулиращите способности на речните басейни, определящи величината на преходящия отток. По този начин акумулиращите способности

на подстилащата повърхност причиняват известни модификации на вътрешногодишните и многогодишните колебания на речния отток, предизвикани от измененията на метеорологичните условия.

В резултат от извършените разработки и анализи могат да се направят следните изводи:

1) В хронологичните редици на годишния отток съществува определена корелационна зависимост между съседните стойности; изчислените коефициенти на корелация на годишния отток имат най-различни значения при отделните поречия: от $-0,112 \pm 0,124$ до $0,466 \pm 0,093$.

2) Свързаността на годишния отток между съседните стойности се определя в значителна степен от акумулиращите способности на речните басейни, обуславящи възможностите за преходяне на водни маси от изтеклата (или няколко предшествуващи години) към следващата година. Следователно коефициентът на корелация на годишния отток зависи и от повторемостта и размерите на преходящия отток през отделните години. Размерите на преходящия отток могат да се преценят посредством зависимостта между сумарния отток през маловодния период (напр. юли — октомври) на изтеклата година и сумарния отток през есенно-зимния отток (напр. ноември — февруари) на следващата година.

3. Влиянието на акумулиращите способности на подстилащата повърхнина върху свързаността намалява при увеличаване на промеждутъка между съседните години. Свързаността при по-големи промеждутъци се обуславя главно от свързаността на метеорологичните условия.

4. При изследване на многогодишните циклични и вътрешногодишни колебания на речния отток трябва да се вземат под внимание и ретензионните способности на речните басейни, определящи възможностите за преходяне на водни маси от изтеклата към следващата година.

ЛИТЕРАТУРА

- Агупов, А. В. — Норма стока и колебание водности рек Западной Сибири, сб. Колебания и изменения речного стока, АН СССР, М., 1960.
 Алехин, Ю. М. — Статистические прогнозы в геофизики, Л., 1963.
 Андреев, В. Г. — Циклические колебания годового стока, их изменения по территории и учет при расчетах стока, М., 1957.
 Андреев, В. Г. — Об исследовании влияния физико-географических факторов на характеристики речного стока, Метеорология и гидрология, №8, 1969.
 Великанов, М. А. — Гидрологии суши, Л., 1964.
 Дементьев, Н. Ф. — К анализу связности многолетних рядов годового стока, Метеорология и гидрология, №12, 1969.
 Демидович, Б. П., И. Л. Марон — Основы высчислительной математики, М., 1966.
 Ефимович, П. А. — Вопросы водохозяйственных расчетов в гидрологии ОНТИ, НКТП СССР, 1936.
 Калинин, Г. П. — Проблемы глобальной гидрологии, Л., 1968.

- Картавешвили, Н. А. — Теория вероятностных процессов в гидрологии и регулировании речного стока, Л., 1967.
- Логинов, В. Ф. и Н. П. Куликова — Цикличность в гидрометеорологических характеристиках, Изв. АН СССР, сер. географическая, 4, 1971.
- Покровская, Т. В. — Синоптико-климатические и гелиофизические прогнозы погоды, Л., 1969.
- Рохмистов, В. Л. — О зависимости минимального стока от физико-географических условия речных бассейнов, Метеорология и гидрология, №9, 1963.
- Соколовски, Д. Л. — Речной сток, Л., 1959.
- Смирнов, Н. П. — О причинах многолетних колебания стока рек, Изв. Всесоюзного географического общества, №5, 1969.
- Сомов, Н. В. — Асинхронность и цикличность колебаний стока крупных рек СССР. Труды ЦИП, вып. 117, 1963.
- Чеботарев, Н. П. — Учение о стоке, изд. МГУ, 1962.
- Федоров, В. В. — Гидрология и водные изыскания, Л., 1960.
- Шахбазян, Ш. А. — К методике использования стохастических рядов в исследовании многолетних колебаний стока, Изв. АН Арм. ССР (серия технических наук), т. 15, №5, 1962.

CONCERNANT LA DÉPENDANCE ENTRE LES VALEURS VOISINES DU
REFLUX ANNUEL DES SUITES CHRONOLOGIQUES

L. Ziapkov et M. Kaltchinova

Résumé

Les analyses ont pour but de porter l'attention sur les problèmes du lien des suites chronologiques et représentent un essai d'examiner certains de ses côtés du point de vue génétique. Lors des analyses on utilise les suites de reflux de 23 bassins fluviaux (pour la période 1935/36 — 1969/70) se trouvant dans les différentes régions de la Bulgarie. Les coefficients de corrélation calculés ont des valeurs différentes — de —0,112 jusqu'à 0,466. Prenant à part les petites valeurs de l'autocorrélation, le lien entre les reflux annuels des années voisines existe provenant des processus génétiques bien déterminés.

En résultat des analyses on peut déduire les conclusions suivantes:

— le lien du reflux annuel entre les valeurs voisines est déterminé surtout par les capacités accumulantes des bassins fluviaux limitant les possibilités du passage des masses d'eau de l'année passée (ou de quelques années précédentes) à l'année suivante. Par conséquent le coefficient de la corrélation du reflux annuel dépend de la répétition et du volume du reflux précédent au cours des différentes années. Les volumes du reflux précédent sont établies directement par le moyen de la dépendance entre le reflux sommaire pendant la période de basses eaux (VII — X) de l'année passée et le reflux sommaire pendant la période d'automne et d'hiver (XI — II) de l'année suivante. De point de vue générale le coefficient de la corrélation de reflux annuel se modifie en raison directe du coefficient de la corrélation entre le reflux sommaire pendant la période de basses eaux et le reflux sommaire pendant la période d'automne et d'hiver.

— L'influence des possibilités accumulantes de la surface couvrante sur le lien fait baisser en augmentant l'intervalle entre les années voisines. Le lien des intervalles plus grandes est déterminé en général de l'unité des conditions météorologiques.

— Les hésitations cycliques de plusieurs années du reflux annuel se manifestent chez toutes les suites chronologiques. En présence d'une autocorrélation positive importante du reflux annuel, les possibilités accumulantes des bassins fluviaux ont une grande influence sur le caractère cyclique du reflux fluvial.