

Цветелина Ценова / Tsvetelina Tsenova

**ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИНТЕГРАЛНИ ФУНКЦИИ  
ЗА УСТАНОВЯВАНЕ НА ФАЗИ И ЦИКЛИ  
В КОЛЕБАНИЯТА НА ОТТОКА НА РЕКИТЕ ВИТ,  
ОСЪМ И ЯНТРА**

*Use of integrated functions to establish the phases  
and cycles of fluctuations in the flow of rivers Vit,  
Osam and Yantra*

**Summary:** The periods, phases, cycles and chronologies occurring in the annual outflow of the rivers Vit, Osam and Yantra are established through modern methods. The temperature, rainfall and drainage complex of the watersheds are carefully analysed. The study uses a different number of stations with data from different periods. The analysis was conducted with integrated functions. The main phases which the manifesting cycles stand out. The study proves the close relation between rainfall and river runoff and the weaker relation between temperature and river flow. The correlation coefficient is used to prove that the various watersheds integrate rainfall according to their physical and geographical capacity. Each considered process composed of a number of elements of chance must be cyclical and have internal correlation.

**Key words:** integral curves, phases, cycles, Vit, Osam, Yantra.

В модерната хидрология при анализите, свързани с установяването на проявяващи се периоди, фази, серии и групировки в годишните хронологии на оттока на реките се използват интегралните криви (Дроздов 1964; Клибашев, Горошков 1970; Рождественский, Чеботарев 1974; Генов 1999, 2000; Genev 2000; Linsley, Kohler, Paulhus 1982 и др.). Такива са използвани и за установяване на фази и цикли при реките Вит, Осъм и Янтра. Те се изчисляват по равенството

$$K_{\text{int}} = \left[ \sum_{i=1}^n (k_i - 1) \right] / C = f(t)_v, \quad (1)$$

където  $k_i = x_i / \bar{x}$  се наричат модулни коефициенти;  $C_v$  – коефициентът на вариацията на реда  $C_v = \sigma / \bar{x}$ ;  $\sigma$  – стандартът на реда.

Отклонението на средното значение на стойността на  $k_i$  за определен интервал от време  $m$  години от средното му значение за целия период, равно на единица, се характеризира с тангенса от ъгъла на линията, съединяваща

точките от началото и края на този интервал, и хоризонталната ос (Рождественский, Чеботарев 1974). То се определя по формулата

$$\bar{k} - 1 = (l_f - l_s) / m, \quad (2)$$

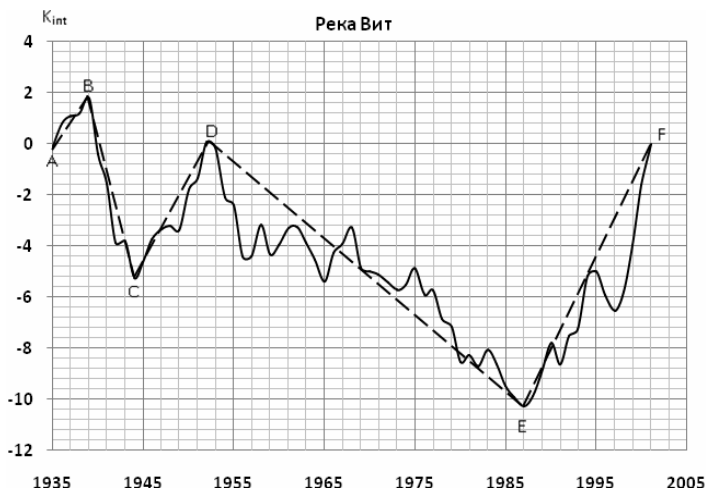
където  $l_f$  и  $l_s$  са крайната и началната ордината на интегралната крива за разглеждания интервал от време;  $m$  е броят на годините, влизащи в анализирания временен интервал; и са първата и последна ордината на интегралната крива. Тогава, когато се наблюдава позитивна фаза в колебанията на процеса, а при – негативна фаза. Оценката на всеки един интервал от време от интегралната крива дава възможност за получаване на стойността на средната водност за този период.

Такъв анализ е извършен за температурния и валежния комплекс за водосборите на трите реки, като са формирани съответните времеви годишни редове. Броят на станциите е показан в табл. 1. В скоби са дадени допълнително използваните станции за годишните суми на валежите.

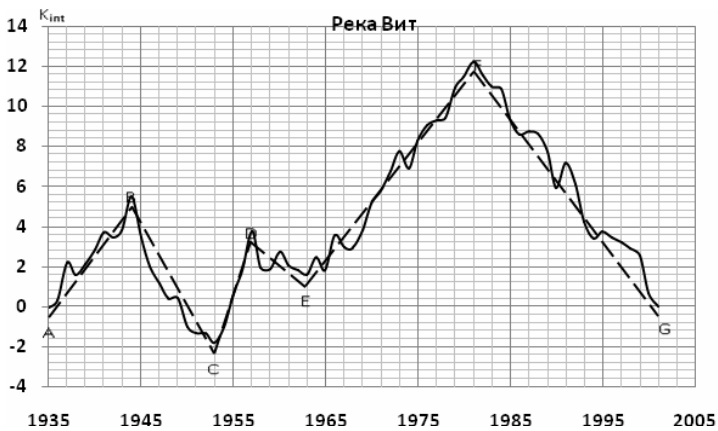
**Табл. 1.** Използвани станции за анализа на колебанията на температурния, валежния и отточния комплекс на реките Вит, Осъм и Янтра

№ поред	Река	Брой станции		
		$T$ (°C)	$P$ (mm)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)
1.	Вит	6	5 (5)	6
2.	Осъм	7	6 (4)	15
3.	Янтра	9	7 (9)	15

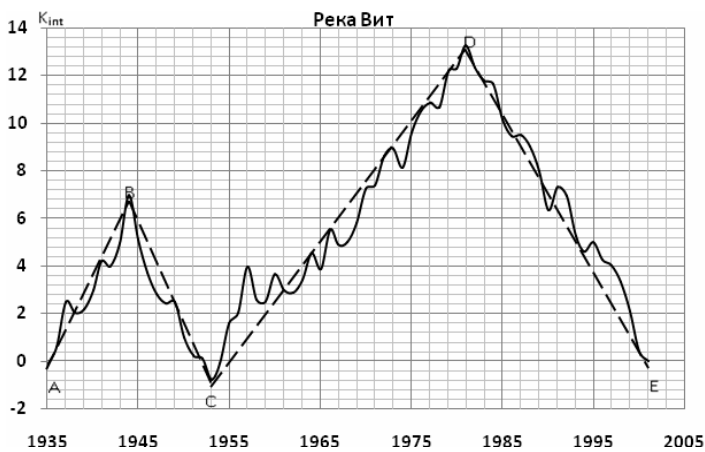
Получените резултати за колебанието на температурния, валежния и отточния комплекс са дадени на графиките на фиг. 1–9.



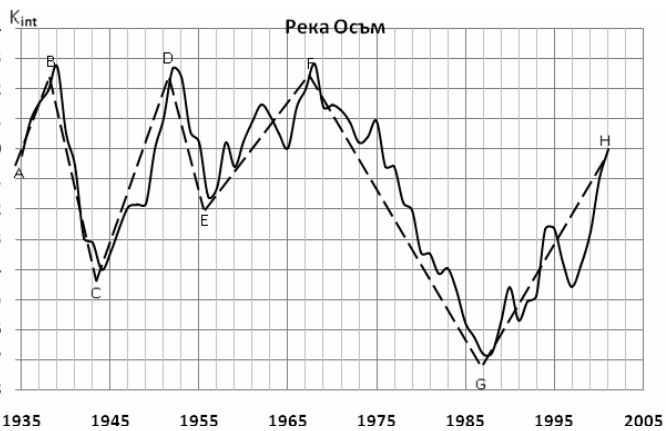
**Фиг. 1.** Интегрална функция на температурата на водосбора на р. Вит



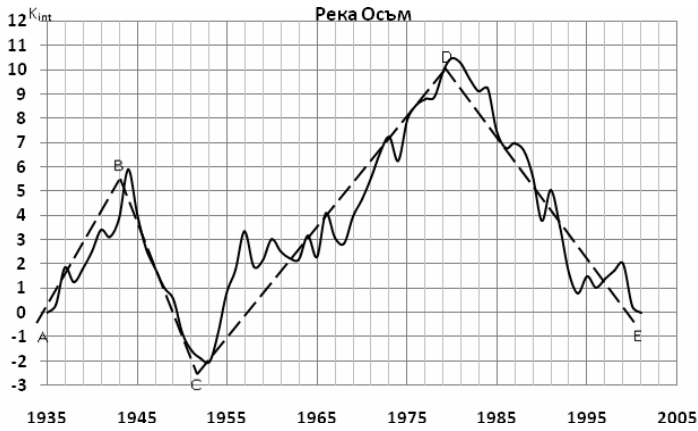
Фиг. 2. Интегрална функция на валежите на водосбора на р. Вит



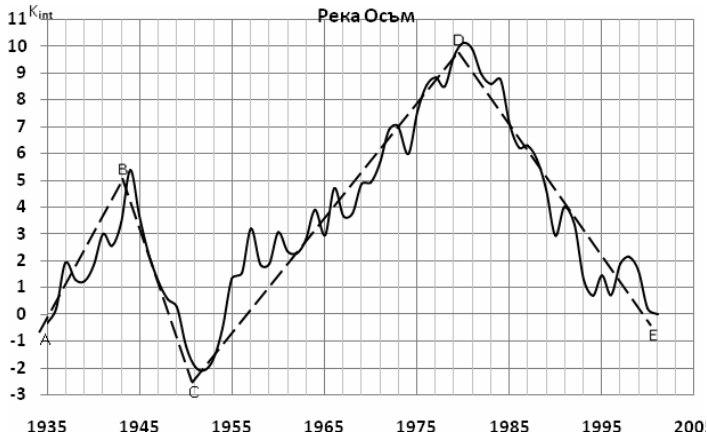
Фиг. 3. Интегрална функция на речния отток на водосбора на р. Вит



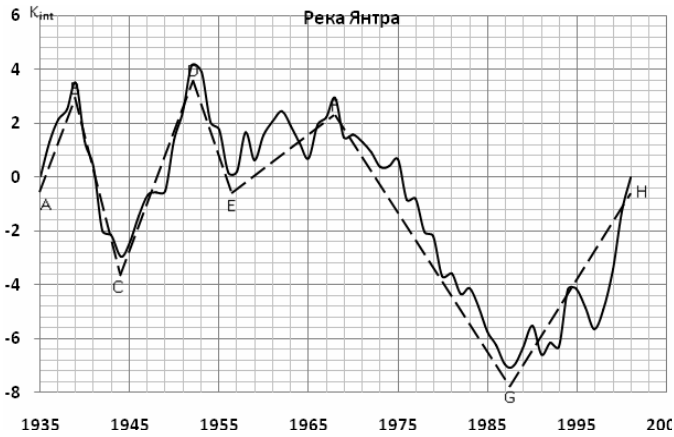
Фиг. 4. Интегрална функция на температурата на водосбора на р. Осъм



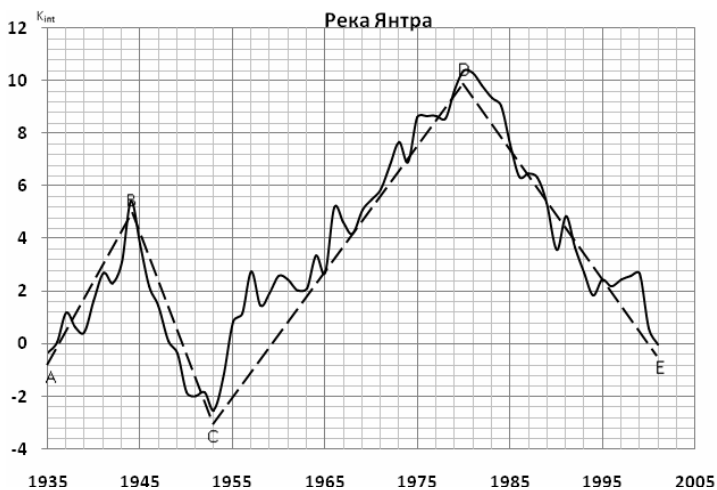
Фиг. 5. Интегрална функция на валежите на водосбора на р. Осъм



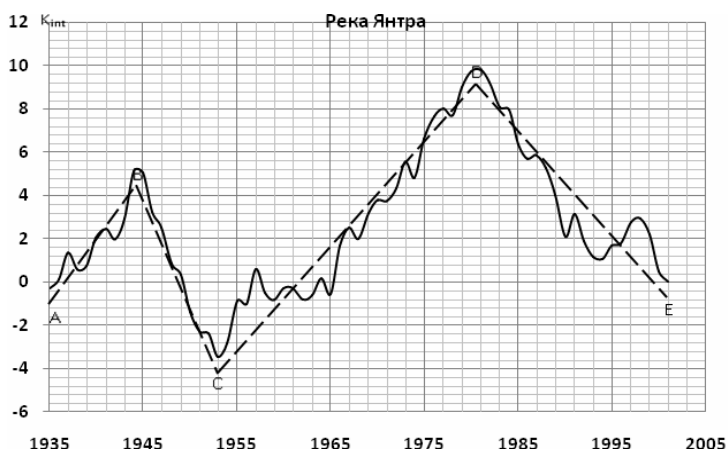
Фиг. 6. Интегрална функция на речния отток на водосбора на р. Осъм



Фиг. 7. Интегрална функция на температурата на водосбора на р. Янтра



**Фиг. 8.** Интегрална функция на валежите на водосбора на р. Янтра



**Фиг. 9.** Интегрална функция на речния отток на водосбора на р. Янтра

Графиките са построени въз основа на годишните хронологии на основните хидроклиматични характеристики – температури (Т), валежи (Р) и речен отток (Q) за периода 1935–2001 г. Тенденциите на изследваните процеси, илюстрирани на фигурите, показват колебанието на температурни, валежни и отточни комплекси на реките Вит, Осъм и Янтра. Така се открояват основните фази, които формират проявяващите се цикли. Структурата на основните фази е изградена от вторични фази с къса времева продължителност (5–7 години). Анализът на тенденциите на изследваните колебания – тяхното основно фазово развитие по времева продължителност, е дадено в табл. 2.

**Табл. 2.** Основни фази в развитието на характеристиките на температурния, валежния и отточния комплекс на реките Вит, Осъм и Янтра

№	Анализи- рани комплекси	Р е к и		
		Вит	Осъм	Янтра
1.	T (°C)	AB (1935-1944); [10] BC (1940-1944); [5] CD (1945-1952); [8] DE (1953-1987); [35] EF (1988-2001); [14]	AB (1935-1939); [5] BC (1940-1944); [5] CD (1945-1952); [8] DE (1953-1956); [4] EF (1957-1968); [12] FG (1969-1987); [9] GH (1988-2001); [14]	AB (1935-1939); [5] BC (1940-1944); [5] CD (1945-1952); [8] DE (1953-1956); [4] EF (1957-1968); [12] FG (1969-1987); [9] GH (1988-2001); [14]
2.	P (mm)	AB (1935-1944); [10] BC (1945-1953); [9] CD (1954-1957); [4] DE (1958-1963); [6] EF (1964-1981); [18] FG (1982-2001); [19]	AB (1935-1944); [10] BC (1945-1953); [9] CD (1954-1980); [27] DE (1981-2001); [21]	AB (1935-1944); [10] BC (1945-1953); [9] CD (1954-1980); [27] DE (1981-2001); [21]
3.	Q (m <sup>3</sup> /s)	AB (1935-1944); [10] BC (1945-1953); [9] CD (1954-1981); [28] DE (1982-2001); [20]	AB (1935-1944); [9] BC (1945-1952); [8] CD (1953-1981); [29] DE (1982-2001); [20]	AB (1935-1944); [10] BC (1945-1953); [9] CD (1954-1981); [28] DE (1982-2001); [20]

*Забележка:* Цифрите в квадратните скоби са продължителността на установените фази.

Трябва да се отбележи, че всяка основна фаза има своя характеристика в процеса на еволюцията на изследвания процес. Тя се характеризира с времевата продължителност и чрез уравнението на тренда, което показва степента на нейното изразено развитие. Резултатите от тези анализи са дадени в табл. 3.

**Табл. 3. Продължителност и тенденция (тренд) на основните фази на реките Вит, Осъм и Янтра**

№	Анализи- рани комплекси	В о д о с б о р и н а р е к и – т р е н д		
		Вит	Осъм	Янтра
1.	T (°C)	$y = -0,2208x + 429,63$ DE (1953–1987) $R^2 = 0,590$ $y = 0,593x - 1188,8$ EF (1988–2001) $R^2 = 0,850$	$y = -0,4866x + 959,59$ FG (1969–1987) $R^2 = 0,969$ $y = 0,3871x - 775,86$ GH (1988–2001) $R^2 = 0,733$	$y = -0,4971x + 981,32$ FG (1969–1987) $R^2 = 0,977$ $y = 0,4052x - 812,82$ GH (1988–2001) $R^2 = 0,692$
2.	P (mm)	$y = 0,4205x - 822,47$ CD (1954–1981) $R^2 = 0,889$ $y = -0,5835x + 1168,1$ DE (1982–2001) $R^2 = 0,974$	$y = 0,3714x - 726,07$ CD (1954–1980) $R^2 = 0,894$ $y = -0,5334x + 1066,4$ DE (1981–2001) $R^2 = 0,932$	$y = 0,3832x - 748,94$ CD (1954–1980) $R^2 = 0,946$ $y = -0,4816x + 963,67$ DE (1981–2001) $R^2 = 0,924$
3.	Q (m <sup>3</sup> /s)	$y = 0,4433x - 866,03$ CD (1954–1981) $R^2 = 0,9511$ $y = -0,6166x + 1234,4$ DE (1982–2001) $R^2 = 0,979$	$y = 0,3657x - 714,8$ CD (1953–1981) $R^2 = 0,932$ $y = -0,4991x + 997,8$ DE (1982–2001) $R^2 = 0,915$	$y = 0,4387x - 860,25$ CD (1954–1981) $R^2 = 0,913$ $y = -0,4357x + 871,45$ DE (1982–2001) $R^2 = 0,826$

*Забележка: Цифрите в скобите показват продължителността на установените основни фази.*

Въз основа на проведените изчисления и анализи на колебанията на представените годишни хронологии на температурния, валежния и отточния комплекс могат да се установят следните цикли в еволюцията и проявлението им във времето за реките:

**Вит** –T (°C) а” [(-) 5, (+) 14]; (1953÷1987 – 988÷2001);  
**P (mm)** а” [(+) 28, (-) 20]; (1954÷1981 – 1982÷2001);  
**Q (m<sup>3</sup>/s)** а” [(+) 31, (-) 20]; (1951÷1981 – 1982÷2001);  
**Осъм** –T (°C) а” [(-) 19, (+) 14]; (1969÷1987 – 1988÷2001);  
**P (mm)** а” [(+) 27, (-) 21]; (1954÷1980 – 1981÷2001);  
**Q (m<sup>3</sup>/s)** а” [(+) 29, (-) 20]; (1953÷1981 – 1982÷2001);  
**Янтра** –T (°C) а” [(-) 19, (+) 14]; (1969÷1987 – 1988÷2001);  
**P (mm)** а” [(+) 27, (-) 21]; (1954÷1980 – 1981÷2001);  
**Q (m<sup>3</sup>/s)** а” [(+) 28, (-) 20]; (1954÷1981 – 1982÷2001);

Връзката между изследваните процеси – годишни стойности на речния отток – *Q*, валежите – *P*, и температурата – *T*, е дадена чрез съответните уравнения в табл. 4. Може да се установи, че при анализирания процес най-

тясна е зависимостта между основния оттокоформиращ фактор – валежа и речния отток и най-слаба – между температурата и речния отток. Изводите в хидроложко отношение показват в каква степен валежите за всяка река лимитират отточния процес.

**Табл. 4.** Анализ на връзките речен отток – валеж – температура

№ по ред	Река	Уравнения навръзките – оценки		
		$Q = f(P)$	$Q = f(T)$	$P = f(T)$
1.	Вит	$y = 24,699x + 23,62$ $R^2 = 0,7509$	$y = -0,0926x + 13,108$ $R^2 = 0,3258$	$y = -0,0025x + 13,087$ $R^2 = 0,2057$
2.	Осъм	$y = 29,968x + 176,22$ $R^2 = 0,6277$	$y = -0,1014x + 12,676$ $R^2 = 0,2525$	$y = -0,0021x + 12,384$ $R^2 = 0,1388$
3.	Янтра	$y = 9,6868x + 261,41$ $R^2 = 0,8184$	$y = -0,0179x + 11,95$ $R^2 = 0,109$	$y = -0,0018x + 12,407$ $R^2 = 0,1282$

Може да се установи, че при анализирания процес най-тясна е зависимостта между основния оттокоформиращ фактор – валежа и речния отток и най-слаба – между температурата и речния отток. Изводите в хидроложко отношение показват в каква степен валежите лимитират отточния процес за всяка река.

От таблицата се установява още, че коефициентът на корелация между речния отток и падналия валеж над водосбора за р. Осъм е  $R = 0,866$ , за р. Вит –  $R = 0,866$ , а за р. Янтра –  $R = 0,905$ . Тези данни показват физико-географските възможности на всеки басейн да интегрира валежа от съответните метеорологични обстановки. Полученият резултат се потвърждава от характеристиките на водосборната област на р. Янтра, които показват, че тя е най-добре развита и има ветрилообразна форма с възможности за генериране на значителни високи вълни.

#### ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

**Генев, М.** Изменения на годишните хронологични стойности на температурите, валежите и оттока в Източна България (Черноморски водосборен басейн). – Списание на БАН, 1999, кн. 3 – 4, с. 10–17. [Genev, M. Izmeneniya na godishnite hronologichni stoynosti na temperaturite, valezhite i ottoka v Iztochna Balgariya (Chernomorski vodoseboren baseyn). – Spisanie na BAN, 1999, kn. 3 – 4, s. 10–17.]

**Генев, М.** Оценка на основните структури в колебанията на температурите, валежите и речния отток в Северна България. – В: Международна научна конференция „75 години висше лесотехническо образование в България“ (15 – 16 юни 2000 г.). София, ЛТУ, 2000, с. 382–391. [Genev, M. Otsenka na osnovnite strukturi v kolebaniyata na temperaturite, valezhite i rechniya ottok v Severna Balgariya. – V: Mezhdunarodna nauchna konferentsiya „75 godini visshе lesotekhnichеско образование v Balgariya“ (15 – 16 juni 2000 g.). Sofiya, LTU, 2000, s. 382–391.]



**Genev, M.** Variation in the annual river runoff of the bulgarian tributaries to the Danube. – In: XX Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 4–8 September, Bratislava. The Slovak Republic, 2000, p. 8.

**Linsley, R. K., M. A. Kohler, J. L. H. Paulhus.** Hydrology for Engineers. McGraw-Hill, New York, 1982, p. 760.

**Дроздов, О. А.** О свойствах интегрально-разностных кривых. – Труды ГГО, вып. 162, 1964, с. 3–6. [Drozdov, O. A. O svoystvah integralno-raznostnykh krivaykh. – Truday GGO, вып. 162, 1964, s. 3–6.]

**Клибашев, К. П., И. Ф. Горошков.** Гидрологические расчеты. Л., Гидрометеоздат, 1970, с. 460. [Klibashev, K. P., I. F. Goroshkov. Hidrologicheskie raschetay. L., Gidro-meteoizdat, 1970, s. 460.]

**Рождественский, А. В., А. И. Чеботарев.** Статистические методы в гидрологии. Л., Гидрометеоздат, 1974, с. 424. [Rozhdestvenskiy, A. V., A. I. Chebotarev. Statisticheskie metody v gidrologii. L., Gidrometeoizdat, 1974, s. 424.]