

Вариация стока и его факторов¹

Н. П. Чеботарев

*профессор, доктор технических наук
Воронежский государственный университет
Воронеж, 1949*

Аннотация: Редакция журнала «Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология» публикует монографию Н. П. Чеботарева «Вариация стока и его факторов». Проблема, поднятая автором в середине XX века, актуальна и сегодня. Однако монография Н. П. Чеботарева стала библиографической редкостью уже сразу после выхода в свет.

Текст книги воспроизводится в авторском варианте. Для понимания важности проблемы в современных исследованиях в области гидрологии публикацию книги предваряет комментарий кандидата географических наук С. Д. Дегтярева (Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология, 2018, № 3).

Ключевые слова: речной сток, вариация стока, факторы стока.

Для цитирования: Чеботарев Н. П. Вариация стока и его факторов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2022, № 1, с. 131-134. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9095>

5. КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ ЛИВНЕВОГО СТОКА

Модуль максимального ливневого стока подобно модулю талого стока, может быть представлен выражением типа

$$M = \frac{a}{F^n}$$

а – максимальная интенсивность ливней.

По предыдущему (формула 98) следует, что

$$C_{vmi} = C_{vai}.$$

Рассматривая вопрос с точки зрения распределения интенсивностей во времени, можно поступить так же, как это было сделано в отношении распределения годовых высот осадков по площади, что

$$C_{val} = C_{val(i)} \sqrt{r}, \quad (130)$$

где C_{val} – коэффициент вариации максимальных интенсивностей ливней с продолжительностью = t , $C_{val(i)}$ – тоже, но для очень малого отрезка времени, при котором коэффициент корреляции

между интенсивностями отдельных моментов времени данного отрезка времени = 1. Коэффициент корреляции r зависит от величины отрезка времени t , в течении которого продолжался весь или часть ливня и находится с последним (t) в обратной зависимости (с ростом t коэффициент r убывает). Это происходит от того, что ход процесса выпадения ливня становится все более и более разнородным с ростом продолжительности выпадения его (t). Следовательно, подобно формуле (41), а также (111), можно написать, что

$$C_{val} = \frac{C_{val(i)}}{t^{p_1}}, \quad (131)$$

где p_1 – некоторая постоянная величина.

Таким образом, мы пришли к выводу, что коэффициент вариации интенсивности ливней должен находиться в обратной зависимости от продолжительности ливня (t). Чтобы найти значение C_{val} , достаточно знать $C_{val(i)}$ и t , являющиеся переменными величинами. В качестве $a_{1(i)}$ может служить максимальная интенсив-

© Чеботарев Н. П., 2022

¹Продолжение. Начало в журналах «Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология» № 3/2018 г., № 4/2018 г., № 1/2019 г., № 2/2019 г., № 3/2019 г., № 4/2019 г., № 1/2020 г., № 2/2020 г., № 3/2020 г., № 4/2020 г., № 1/2021 г., № 2/2021 г., № 3/2021 г. и № 4/2021 г.



ность с продолжительностью одной минуты. Для иллюстрации полученного типа зависимости (131) воспользуемся некоторыми данными и

построим зависимость между C_{val} и t для осадков, наблюдаемых за период с 1869 по 1930 г. (62 г.) (табл. 10).

Таблица 10

№ п/п	t, мин	C_{val}
1	5	2,248
2	10	1,045
3	15	0,995
4	30	0,696
5	60	0,442
6	120	0,258

В графической форме эти данные представлены на рис. 13 и 14. В аналитической:

$$C_{val} = 1,84 - 0,77 \lg(t + 1).$$

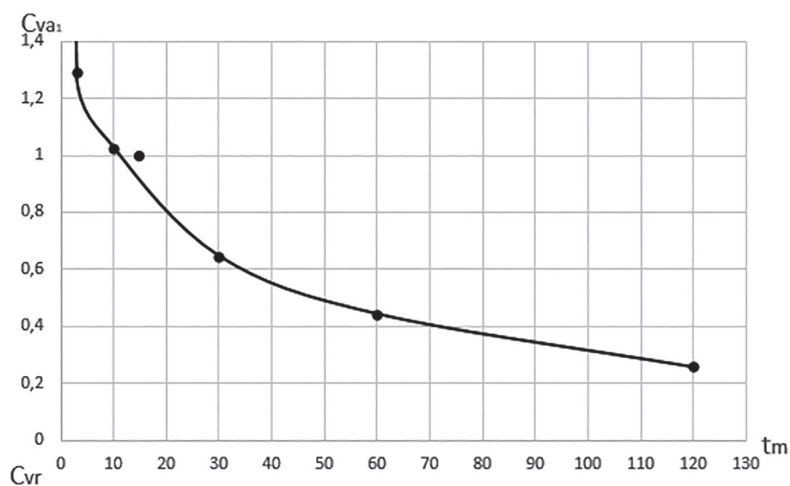


Рисунок 13

Размер отклонений, полученных вычисленных данных от наблюдаемых, можно видеть на табл. 11. В принятом типе уравнения:

$$C_{val} = C_{val(i)} - p_1 \lg(t + 1)$$

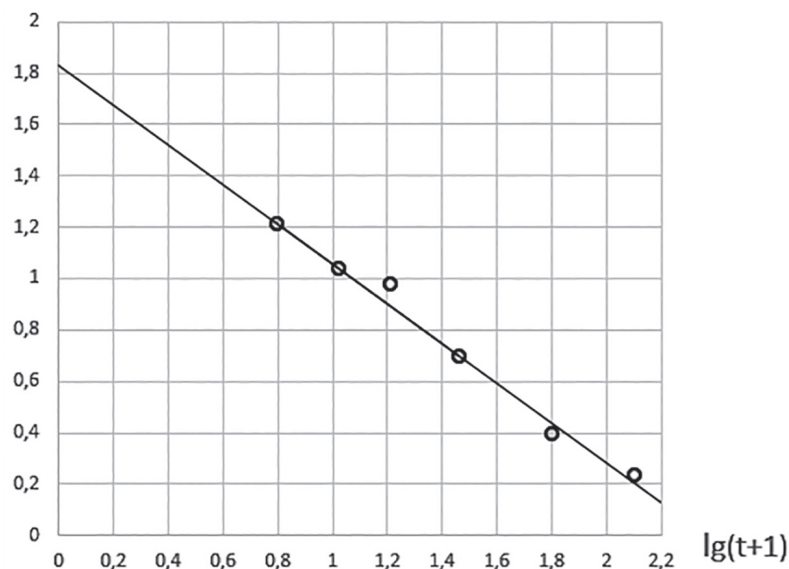


Рисунок 14

№ п/п	t+1	C _{va1}		Отклонение, %	Абсолютное отклонение
		Наблюденные	Вычисленные		
1	5	1,248	1,300	+4,2	0,052
2	10	1,045	1,070	+2,4	0,025
3	15	0,995	0,935	-6,0	0,060
4	30	0,696	0,700	+0,6	0,004
5	60	0,442	0,472	+6,8	0,030
6	120	0,258	0,240	-7,0	0,018
		Средние		±4,5	

величина параметра p_1 будет иметь относительно слабое колебание и возможно, что параметр p_1 остается постоянным значением, что же касается параметра или точнее, квазипараметра $C_{va1(i)}$, то эта величина будет изменяться территориально, в зависимости от метеорологических условий.

Б. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВАРИАЦИИ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА

Общее выражение модуля минимального стока имеет вид

$$M = \bar{M}^x \cdot A F^r - \frac{P}{F^n}$$

Данное уравнение получено нами теоретически и приводится здесь без вывода.

В этом уравнении

\bar{M} – норма годового стока (модуль);

A – некоторая постоянная, характеризующая бассейн в отношении уклона и фильтрационных свойств почв и грунтов;

F – площадь бассейна;

P – потери на испарение или ледообразование; x, r, n – постоянные.

$$C_{v \min} = \sqrt{\varphi_3^2 C_{vy}^2 + (\varphi_3 - 1)^2 C_{vq}^2 + 2r\varphi_3(\varphi_3 - 1)C_{vy}C_{vq}} \quad (133)$$

Полученное равенство можно заменить другим, исходя из принципа, примененного по отношению к вариации годового стока, а именно, принять, что

$$C_{v \min} = \varphi_3^q C_{vy} \quad (134)$$

Показатель степени q – единственный параметр формулы. Его значение может быть выражено так:

$$q = \frac{\lg\left(\frac{C_{v \min}}{C_{vy}}\right)}{\lg\left(\frac{\bar{Q}_y}{\bar{Q}_{\min}}\right)} \quad (135)$$

Следовательно, в этом уравнении варьирующей величиной является только величина потерь – P . Для летних минимумов можно с некоторым приближением принять, что $P_l = v_l Z$, где Z – высота испарения с водной поверхности; для зимних минимумов $P_z = v_z l$, где l – наибольшая высота ледяного покрова. В этих выражениях v_l и v_z – некоторые постоянные коэффициенты.

$$\text{Тогда } \frac{\partial f}{\partial z} = -\frac{v_l}{F^n} \text{ и } \frac{\partial F}{\partial l} = -\frac{v_z}{F^n},$$

$$\text{и } C_{VM} = \frac{\bar{M}_{\min}}{\bar{Z}} \left(\frac{v_l}{F^n}\right) C_{VZ} \quad C_{VM} = \frac{\bar{M}_{\min}}{\bar{l}} \left(\frac{v_z}{F^n}\right) C_{Vl}$$

Другой путь. Выразим значение минимального расхода уравнением:

$$Q_{\min} = Q_y - q, \quad (132)$$

где Q_y – значение годового расхода,

q_1 – разность между расходами годовым и минимальным:

Обозначив отношение $\frac{\bar{Q}_y}{Q_{\min}}$ через φ_3 получим

Отношение $\left(\frac{\bar{Q}_y}{Q_{\min}}\right)$ почти всегда $>$ единицы, если

$\varphi_3 = \left(\frac{\bar{Q}_y}{Q_{\min}}\right)$ не равно единице, а $\frac{C_{v \min}}{C_{vy}} = 1$, то

значение параметра q будет иметь свой нижний предел, равный нулю.

Отношение $\frac{\bar{Q}_y}{Q_{\min}}$ почти всегда больше

$\frac{C_{v \min}}{C_{vy}}$, поэтому показатель степени « q » будет

почти всегда дробным и меньше единицы. При

равенстве отношений $\frac{C_{v \min}}{C_{vy}}$ и φ_3 показатель степени q равен единице. Поэтому последнее условие дает верхний предел для параметра q . Таким образом, значение параметра q лежит в пределах от 0 до 1. Значения параметра должны убывать от севера к югу. Произведем некоторые преобразования формулы (134). Подставим в (134) вместо C_{vy} его значение из формулы (18), тогда получим, что

$$C_{v \min} = \alpha^m \varphi_3^q C_{vx} \quad (136)$$

Подставляя в (136) значение для C_{vy} из 41 будем иметь, что

$$C_{v \min} = \frac{\alpha^m \varphi_3^{q_B}}{F^v} = \frac{0,34 \alpha^m \varphi_3^q}{F^{0,077}} \quad (137)$$

Пришли к типу уравнения, подобному (125) для максимального расхода. Формулы для значений коэффициента вариации минимального стока, найденные Н. Д. Антоновым (32), имеют тип

$$C_{v \min} = A C_{vy}^P, \quad (138)$$

где A – параметр, имеющий значений для средне-месячных минимумов = 2,5, для зимних = 4,0, для летних = 6,0.

Приравняв правые части (134) и (138), напишем равенство

$$\varphi_3^p C_{vy} = A C_{vy}^q,$$

откуда

$$A = \frac{\varphi_3^q}{C_{vy}^{q-p-1}} \quad (139)$$

формула (139) раскрывает физический смысл параметров A формулы Н. Д. Антонова.

Тип формулы для $C_{v \min}$ Н. Д. Антонова является типом, полученным чисто эмпирически с осреднением значений, входящих элементов в параметры A и P , что и влечет за собой погрешности, вызывающие самого втора признать, что его формула (138) недостаточна для определения $C_{v \min}$.

SCIENTIFIC ARCHIVES

UDC 911.2:556.16

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9095>

Variation of Runoff and its Factors

N. P. Chebotarev

*Doctor of Sciences in Technology
Voronezh State University
Voronezh, 1949*

Abstract: The editorial board of the journal «Bulletin of VSU. Series: Geography. Geoecology» publishes the monograph of N. P. Chebotarev «Variation of runoff and its factors». The issue raised by the author in the middle of the 20th century is still relevant today. However, the monograph of N. P. Chebotarev became a bibliographic rarity immediately after the publication.

The text of the book is reproduced in the author's version. To understand the importance of the problem in modern research in the field of hydrology, the publication of the book is preceded by a comment by S. D. Degtyarev – candidate of geographical sciences (Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia, 2018, no. 3).

Key words: river runoff, runoff variation, runoff factors.

For citation: Chebotarev N.P. Variation of Runoff and its Factors. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2022, no. 1, pp. 131-134. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9095>

© Chebotarev N.P., 2022



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.