

## К ХАРАКТЕРИСТИКЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЗИМНЕГО СТОКА РЕК ВОДОСБОРА ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

V.G. KALININ, A.M. KOMLEV

TO THE CHARACTERISTIC OF LONG-TERM VARIABILITY OF A WINTER RUNOFF OF THE RIVERS OF THE BASIN VOTKINSKOE WATER STORAGE RESERVOIR

Пермский государственный университет, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: [kalininvg@psu.ru](mailto:kalininvg@psu.ru), e-mail: [hydrology@psu.ru](mailto:hydrology@psu.ru)

На примере зимнего режима рек водосбора Воткинского водохранилища рассматривается возможность использования в практике гидрологических расчетов абсолютного показателя изменчивости  $\sigma_q$  наряду с относительной характеристикой  $C_v$ . Выявлены тесные зависимости между значениями  $\sigma_q$  и нормой зимнего стока, которые являются объективным критерием выделения гидрологических районов для определения коэффициентов вариации неизученных рек. Отмечено, что косвенную оценку показателей многолетней изменчивости зимнего стока малых и средних рек можно проводить без учета величины водосборной площади.

К л ю ч е в ы е с л о в а: река; зимний сток; многолетняя изменчивость; районирование.

K e y w o r d s: the river; winter runoff; long-term variability; the zoning.

При анализе пространственно-временного распределения зимнего стока рек водосбора Воткинского водохранилища на основе среднесезонных месячных и среднесезонных значений следует рассмотреть его многолетнюю изменчивость. Основным параметром кривой распределения характеристик речного стока является коэффициент вариации, представляющий собой отношение среднеквадратического отклонения ( $\sigma_q$ ) к среднеарифметической величине, или норме стока ( $q_0$  л/с·км<sup>2</sup>).

Расчет коэффициентов вариации  $C_v$  выполнен как за отдельные месяцы, так и в целом за зимний сезон по 36 речным бассейнам площадью от 500 до 30000 км<sup>2</sup> и средней высотой от 160 до 540 м абс. Вычислены также среднеквадратические ошибки  $\sigma_{C_v}$ , которые в большинстве случаев находятся в пределах 5–8%. Около 25% исходных данных отличаются короткими (10–15 лет) рядами наблюдений на гидрологических постах, для которых ошибки составили 10–15%. Для этих постов коэффициенты вариации были приведены к принятому 40-летнему периоду (1956–1995 гг.).

Оценка месячных значений  $C_v$  дала возможность получить представление об особенностях многолетней изменчивости стока в различные фазы зимнего сезона. Выявлено, что изменчивость стока закономерно снижается в течение зимнего периода в связи с уменьшением влияния на сток осенних осадков и достигает минимальных значений в феврале – марте.

Для оценки  $C_v$  при расчете годового стока неизученных рек с заданной вероятностью превышения нормативов [6, 7, 8] рекомендуется использовать карту изолиний коэффициента вариации, а также формулу, параметрами которой служат норма стока и площадь водосбора ( $A$ , км<sup>2</sup>). Многими исследователями доказано, что площадь водосбора практически не оказывает влияния на величину коэффициента вариации годового стока, тем более что его значения уже давно картографируются без приведения к единой величине площади [2, 3, 5, 9]. Исследования многолетней изменчивости годового стока рек [4] показывают, что с не меньшей точностью коэффициент вариации определяется по одному параметру  $q_0$  с использованием уравнения вида

$$C_v = a/q_0^n.$$

На графиках связи нормы годового стока и коэффициентов его изменчивости, описываемых этим

уравнением, наблюдается вид кривой гиперболического типа, что осложняет выделение и оценку тесноты региональных зависимостей этого вида. Кроме того, в этом уравнении показатель степени  $n$  близок к единице, что позволяет с некоторым допущением заменить абстрактный эмпирический параметр  $a$  среднеквадратическим отклонением  $\sigma_q$ .

Аналогичный подход можно применить и к зимнему стоку рек. В результате анализа поля точек связей вида  $\sigma_q = C_v q_0$  для рек водосбора Воткинского водохранилища выявлены три четкие зависимости (рис. 1), различающиеся по коэффициентам вариации, что явилось критерием районирования территории по многолетней изменчивости среднесезонного зимнего стока (рис. 2). Как видно из рис. 2, у второго и третьего районов различия коэффициентов вариации невелики, и, как следствие, уравнения регрессии средних квадратических отклонений среднесезонного зимнего стока от нормы стока близки по значениям (рис. 1) и в принципе могут быть объединены в один район. Значительно меньшая изменчивость зимнего стока в первом районе связана с зональным увеличением увлажненности северной и горной частей водосбора, а в четвертом районе – с влиянием карста, как азонального фактора (рис. 2). К сожалению, недостаточное количество информации не позволило построить зависимость для четвертого района.

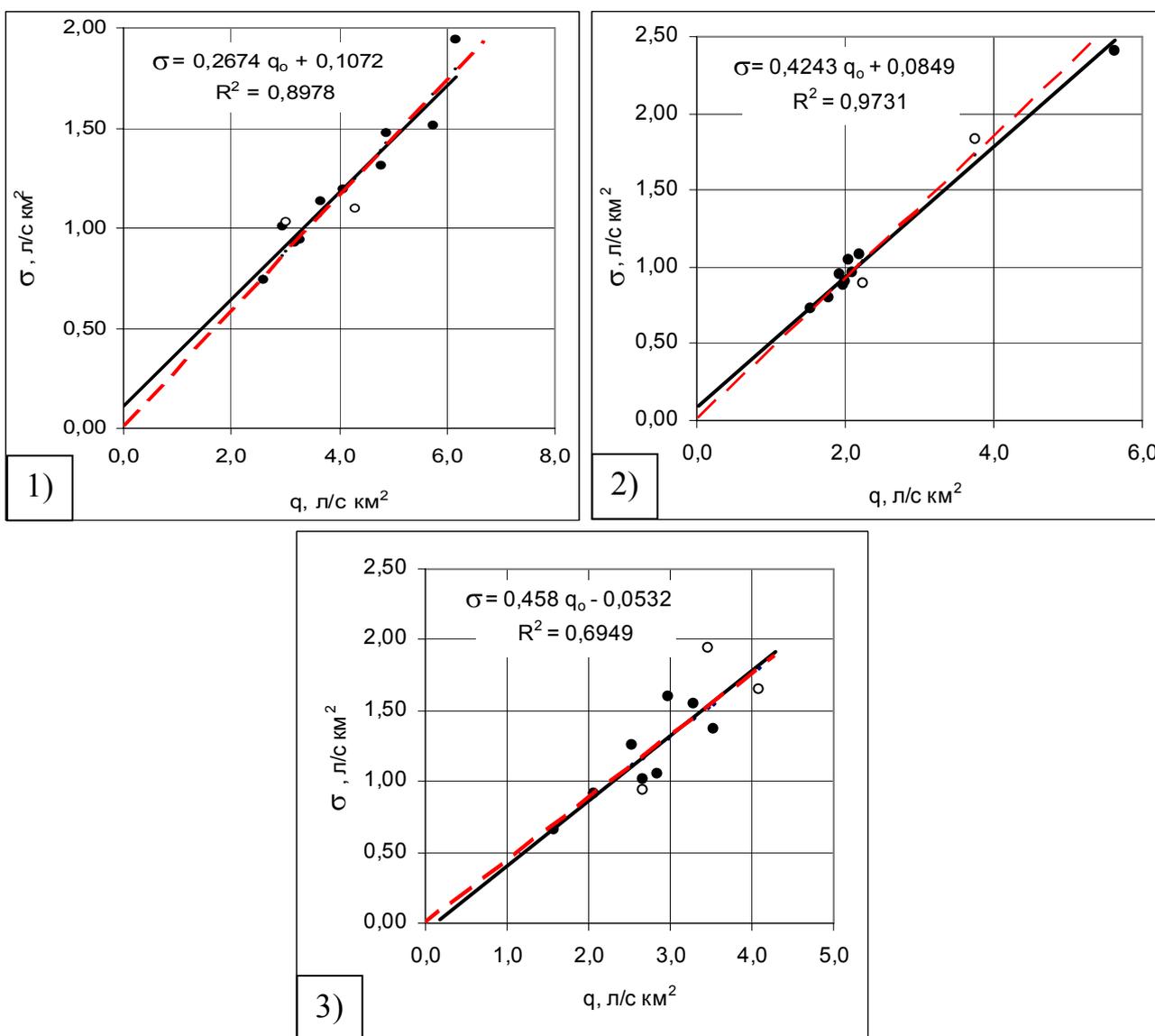


Рис. 1. Зависимости среднеквадратического отклонения среднесезонного зимнего стока и его нормы на реках водосбора Воткинского водохранилища  
1-3 – гидрологические районы; ● - пункты наблюдений, по которым  $C_v$  вычислены с погрешностью менее 15%, ○ - пункты, по которым  $C_v$  характеризуются пониженной точностью

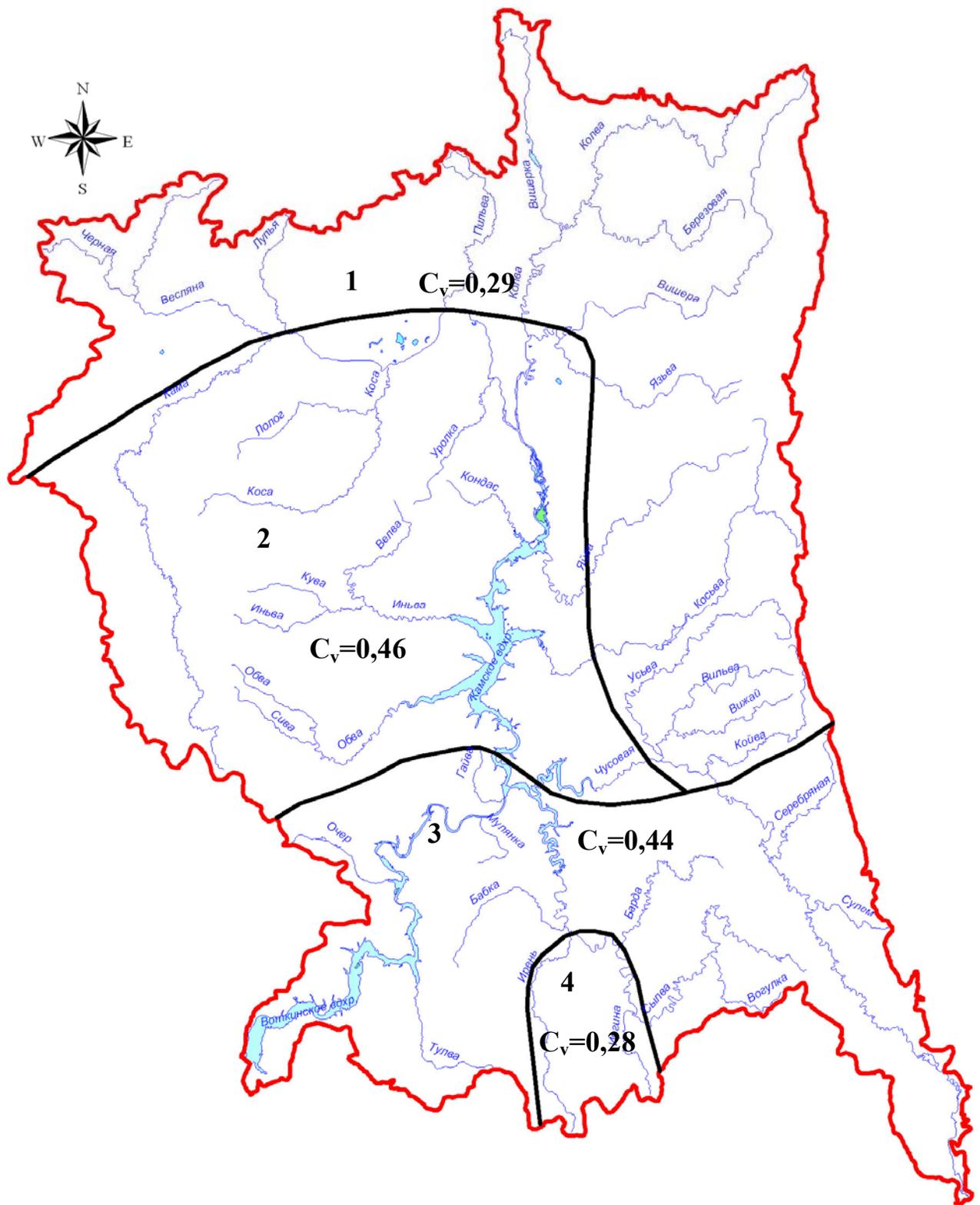


Рис. 2. Схема районирования территории водосбора Воткинского водохранилища по зависимости среднеквадратического отклонения среднесезонного зимнего стока и его нормы:  
1, 2 ... - номера районов

На графиках (рис. 1) проведены по две линии. Сплошные – по уравнению регрессии  $\sigma_q = aq_o \pm b$ , которые пересекают ось ординат в точке  $b$ . Учитывая, что величина  $b$  соизмерима с ошибкой вычисления уравнения регрессии (табл. 1), пунктиром представлены линии, идущие через начало координат по уравнению  $\sigma_q = C_v q_o$ .

Таблица 1

Характеристики зависимостей среднеквадратического отклонения зимнего стока  $\sigma_q$  от его нормы

Район	Кол-во пунктов наблюдений	Кэф. корреляции	Параметры уравнений		Средняя ошибка уравнения, л/с·км <sup>2</sup>	Средние отклонения вычисленных значений от фактических, %	
			$\sigma_q = aq_o \pm b$ (*)	$\sigma_q = C_v \cdot q_o$ (**)		По уравнению (*)	По уравнению (**)
1	12	0,95	a = 0,27 b = 0,11	$C_v = 0,29$	0,083	7,09	6,52
2	11	0,98	a = 0,42 b = 0,08	$C_v = 0,46$	0,070	5,81	5,95
3	11	0,83	a = 0,46 b = -0,05	$C_v = 0,44$	0,179	13,33	14,06

Точность вычисления значений  $\sigma_q$  по уравнениям (\*) и (\*\*) практически одинакова.

Средняя величина отклонений вычисленных значений  $\sigma_q$  от фактических изменяется по разным районам от 5,81 до 13,33 %. Количество случаев с отклонениями менее  $\pm 15$  % для 1,2 и 3 районов составило: по уравнению (\*) 100, 91 и 55 %; по уравнению (\*\*) – 92, 92 и 55 % соответственно. При этом для третьего района по обоим уравнениям в 82 % случаев отклонения не превысили 20 %. Для исследуемых зависимостей вычислены величины  $S/\sigma$ , являющиеся показателем того, в какой мере вариация функции определяется вариацией аргумента [1]. Для районов 1–3 они составили 0,34, 0,18 и 0,57, что свидетельствует о возможности практического применения зависимостей.

Аналогичные результаты получены и по минимальному зимнему стоку для тех же трех гидрологических районов (табл. 2). Точность вычисления значений  $\sigma_q$  по уравнениям (\*) и (\*\*) практически одинакова.

Таблица 2

Характеристики зависимостей среднеквадратического отклонения минимального месячного зимнего стока  $\sigma_q$  от его нормы  $q_o$

Район	Кол-во пунктов наблюдений	Кэф. корреляции	Параметры уравнений		Средняя ошибка уравнения, л/с·км <sup>2</sup>	Средние отклонения вычисленных значений от фактических, %	
			$\sigma_q = aq_o \pm b$ (*)	$\sigma_q = C_v \cdot q_o$ (**)		По уравнению (*)	По уравнению (**)
1	12	0,77	a = 0,16 b = 0,11	$C_v = 0,20$	0,065	12,34	12,59
2	11	0,97	a = 0,35 b = 0,00	$C_v = 0,36$	0,060	14,88	15,07
3	11	0,86	a = 0,39 b = -0,12	$C_v = 0,33$	0,118	17,82	17,13

табл. 2 также одинакова. Средняя величина отклонений вычисленных значений  $\sigma_q$  от фактических несколько увеличилась по сравнению с среднесезонным стоком (от 12,34 до 17,82 % по разным районам), что вполне объяснимо. При этом по обоим уравнениям количество случаев с отклонениями менее  $\pm 20$  % составило: для первого и второго районов 82 %, а для третьего – 70 %.

Таким образом, выявленные закономерности многолетней изменчивости зимнего стока полностью подтверждают методические подходы [4], примененные к оценке изменчивости годового стока. Поэтому в практике гидрологических расчетов наряду с относительной характеристикой  $C_v$  можно использовать абсолютный показатель изменчивости  $\sigma_q$ . Наличие тесной зависимости между значениями  $\sigma_q$  и нормой зимнего стока в пределах достаточно больших районов свидетельствует о том, что косвенную оценку показателей многолетней изменчивости зимнего стока малых и средних рек можно проводить без учета величины водосборной площади. Исследуемые зависимости являются объективным критерием выделения гидрологических районов.

### Библиографический список

1. *Бефани Н.Ф., Калинин Г.П.* Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 390 с.
2. *Давыдов Л.К.* Водоносность рек СССР, ее колебания и влияние на нее физико-географических факторов. Л.: Гидрометеиздат, 1947. 161 с.
3. *Калинин Г.П.* Проблемы глобальной гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 377 с.
4. *Комлев А.М.* О показателях многолетней изменчивости годового стока рек // География и природные ресурсы. 1989. № 4. С. 112–116.
5. *Огиевский А.В.* Гидрология суши. М.: Изд-во сельхозлит, 1952. 515 с.
6. *Определение основных расчетных гидрологических характеристик.* СП 33–101–2003: одобрен Госстроем России 26.12.2003. М.: Госстрой России, 2004. 99 с.
7. *Пособие по определению гидрологических характеристик.* Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
8. *СНиП 2.01.14–83.* Определение расчетных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1985. 36 с.
9. *Шульц В.Л.* Реки Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 196 с.

### SUMMARY

In the article, as an example, of the river's runoff during the winter time, at the basin Votkinskoe water storage reservoir, the opportunity to use in practice the hydrological calculations of an absolute parameter of variability  $\sigma_q$  alongside with relative characteristic  $C_v$  is considered. Close dependences between  $\sigma_q$  and norm of a winter runoff which are objective criterion of allocation of hydrological regions for definition of variation coefficient for the unexplored rivers are revealed. It is shown, that the indirect estimation of parameters of a long-term variability of a winter runoff of the small and average rivers can be carried out without taking into account size of the basin area.