

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ ВРЕМЕННОГО РЯДА ПО ЕГО АМПЛИТУДЕ (на примере годового стока рек бассейна Колымы)

*М.В. Ушаков*

Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило  
Дальневосточного отделения РАН, г. Магадан  
mvilorich@narod.ru

**Аннотация.** При исследованиях современного гидрологического режима того или иного региона и проведении гидрологических расчетов необходимо обрабатывать большое количество рядов многолетних наблюдений за какой-либо гидрологической характеристикой. Получен способ вычисления стандартного отклонения и коэффициента вариации гидрологического ряда по его амплитуде. Было произведено компьютерное статистическое моделирование временных рядов, по которым рассчитаны статистические параметры. Получена формула связи стандартного отклонения с амплитудой. Точность формулы оценивалась по рядам натуральных наблюдений за годовым стоком рек бассейна Колымы. Средняя относительная ошибка по модулю составила 10,1 %, максимальная – 20,5 %. Была сделана попытка получить формулу для вычисления коэффициента асимметрии. Для этого был предложен показатель скошенности. Однако связь коэффициента асимметрии с показателем скошенности оказалась недостаточно тесной.

Таким образом, получена простая формула для расчета стандартного отклонения для временных рядов длиной 60–100 членов. Для исследований достаточно в органах Росгидромета получить справку о средних, максимальных и минимальных значениях какой-либо гидрологической характеристики.

**Ключевые слова:** гидрологические расчеты, моделирование временных рядов, статистические параметры.

При региональных исследованиях современного гидрологического режима и гидрологических расчетах необходимо обрабатывать большое количество рядов многолетних наблюдений за той или иной гидрологической характеристикой. Многие исследователи сталкиваются с трудностями в получении многолетних данных наблюдений в подразделениях Росгидромета, что нередко звучит с трибун и в кулуарах научных конференций.

В данной работе ставится цель получить способ вычисления стандартного отклонения, а, значит, и коэффициента вариации гидрологического ряда по его амплитуде. Для этого ставится задача произвести компьютерное статистическое моделирование временных рядов, как это было сделано в работе [1].

При задании различных средних, коэффициентов вариации  $C_V$  и отношений коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации  $C_S/C_V$  производилось моделирование последовательностей среднегодовых расходов воды длиной 60, 80, 100 следующим образом.

Путем случайного розыгрыша на компьютере устанавливаются вероятности превышения отдельных лет, образующих последовательность, и,

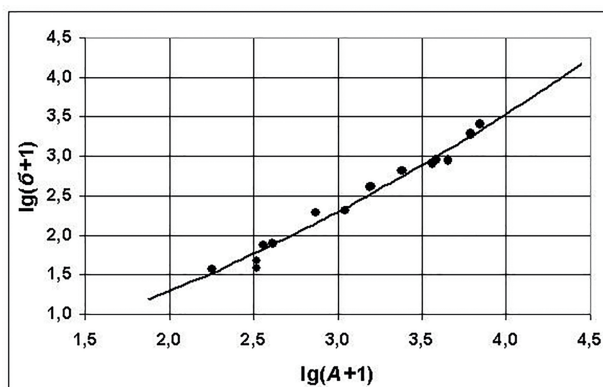
при использовании трехпараметрического гамма-распределения Крицкого и Менкеля [2], определяются соответствующие величины стока.

По смоделированным рядам рассчитаны статистические параметры: среднее, стандартное отклонение  $\sigma$ , коэффициент асимметрии  $C_S$  и амплитуда  $A$ .

Установлена хорошая связь стандартного отклонения с амплитудой (рис. 1)

$$\lg(\sigma + 1) = 0,1181 \lg(A + 1)^2 + 0,413 \lg(A + 1),$$

коэффициент корреляции  $r = 0,996$ . (1)



**Рис. 1.** Связь стандартного отклонения временного ряда  $\sigma$  с амплитудой  $A$  при длине последовательности 60, 80, 100 лет (в логарифмическом масштабе)

Переходя от логарифмов в выражении (1), получаем итоговую формулу

$$\sigma = 10^{0,1181\lg(A+1)^2 + 0,413\lg(A+1)} - 1. \quad (2)$$

Коэффициент вариации вычисляется известной формулой

$$C_v = \sigma / \tilde{X}, \quad (3)$$

где  $\tilde{X}$  – среднее.

Оценим точность формулы (2) по рядам натуральных наблюдений за годовым стоком рек бассейна Колымы (табл. 1). Статистические параметры рядов были взяты из [3]. Средняя относительная ошибка по модулю составила 10,1 %, максимальная – 20,5 %.

Была сделана попытка получить формулу для вычисления коэффициента асимметрии. Для этого был предложен показатель скошенности

$$S = (X_{max} + X_{min} - 2\tilde{X}) / A, \quad (4)$$

где  $X_{max}$ ,  $X_{min}$ ,  $\tilde{X}$  – максимальное, минимальное и среднее значения смоделированного ряда;  $A$  – амплитуда ряда.

Связь коэффициента асимметрии с показателем скошенности оказалась недостаточно тесной (рис. 2).

В результате работы получена простая формула для расчета стандартного отклонения для временных рядов длиной 60–100 членов. Теперь для исследований достаточно в органах Росгидромета получить справку о средних, максимальных и минимальных значениях той или иной гидрологической характеристики.

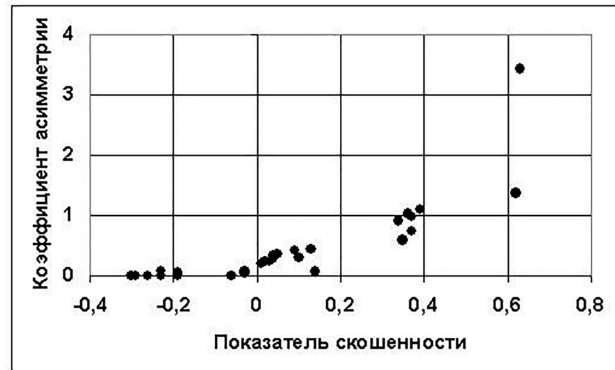


Рис. 2. Связь коэффициента асимметрии и показателя скошенности

Таблица 1. Точность вычисления стандартного отклонения по рядам годового стока рек Колымского бассейна

Река – пункт	Длина ряда, лет	$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{min}$ , м <sup>3</sup> /с	$A$ , м <sup>3</sup> /с	$\sigma$ , м <sup>3</sup> /с	$\sigma^*$ , м <sup>3</sup> /с	$\delta$ , %
р. Колыма – п. Оротук	70	426	117	309	71,3	56,6	-20,5
р. Колыма – Колымская ГЭС	70	685	203	482	106	89,8	-15,0
р. Колыма – п. Усть-Среднекан	70	1090	352	738	161	142	-11,9
р. Колыма – г. Среднеколымск	74	3550	1300	2250	486	512	5,3
р. Колыма – Гидроствор Колымское-1	69	4850	1870	2980	680,4	721	6,0
р. Берелех – п. Переправа	70	49,5	15,1	34,4	7,89	7,36	-6,7
р. Детрин – устье р. Омчука	70	54	14,9	39,1	9,63	8,22	-14,6
р. Детрин – устье р. Вакханки	70	81,2	23,8	57,4	12,5	11,5	-7,9
р. Бохапча – в 5,4 км от устья	70	215	62,4	152,6	30,0	28,3	-5,8
р. Буюнда – в 3,4 км ниже устья р. Бурката	70	147	40,5	106,5	23,0	20,1	-12,3
р. Сеймчан – устье руч. Чапаева	70	50,1	18,2	31,9	8,53	6,90	-19,1
р. Сугой – в 3,2 км ниже устья р. Омчикчана	62	91,5	33,6	57,9	12,7	11,6	-8,7
р. Коркодон – ГМС Кольцевая	62	103	20,5	82,5	16,0	15,9	-0,2
р. Омолон – ГМС Лабазная	62	62,7	23,9	38,8	7,8	8,17	4,7
р. Ясачная – п. Нелемное	69	531	173	358	75,9	65,8	-13,3

Примечания:  $Q_{max}$ ,  $Q_{min}$  – максимальный и минимальный среднегодовой расход воды;  $A$  – амплитуда;  $\sigma$  – стандартное отклонение по натурным данным;  $\sigma^*$  – стандартное отклонение по формуле (2);  $\delta$  – относительная ошибка.

#### Список литературы

1. Ушаков М.В. Вероятные сценарии распределения месячного притока воды к каскаду ГЭС на реке Колыме в третьем квартале // Проблемы анализа риска. Т. 12. 2015. № 6. С. 52–55.

2. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами. М.: Наука, 1982. 271 с.

3. Lobanov S.A., Ushakov M.V. The river water resources of the Magadan Region and their long-term variability // Geography and natural resources. 2008. Vol. 29. No. 3. P. 247–250.

**DETERMINATION OF THE STANDARD DEVIATION OF A TIME SERIES FROM ITS  
AMPLITUDE (BY THE EXAMPLE OF THE ANNUAL RUNOFF  
OF RIVERS IN THE KOLYMA BASIN)**

---

*M.V. Ushakov*

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N.A. Shilo,  
Far East Branch, The Russian Academy of Sciences  
mvilorich@narod.ru

---

**Abstract.** When studying the current hydrological regime of a particular region and carrying out hydrological calculations, it is necessary to process a large number of series of long-term observations of any hydrological characteristic. Purpose of the work: to obtain a method for calculating the standard deviation, and, therefore, the coefficient of variation of the hydrological series in terms of its amplitude. For this, computer statistical modeling of time series was carried out. Based on the simulated series, statistical parameters were calculated. The formula for the relationship between the standard deviation and the amplitude is obtained. The accuracy of the formula was estimated from series of field observations of the annual runoff of rivers in the Kolyma basin. The average relative error modulo was 10.1 %, the maximum – 20.5 %. An attempt was made to obtain a formula for calculating the asymmetry coefficient. To do this, a skewness indicator was proposed. However, the relationship between the asymmetry coefficient and the skewness index turned out to be insufficiently close. As a result of the work, a simple formula was obtained for calculating the standard deviation for time series with a length of 60–100 members. Now, for research, it is enough to obtain a certificate from the bodies of Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring about the average, maximum and minimum values of a particular hydrological characteristic.

**Keywords:** hydrological calculations, time series modeling, statistical parameters.

**References**

1. *Ushakov M.V.* Probable scenarios for the distribution of monthly water inflow to the Power Plant cascade on the Kolyma River in the third quarter. *Problemy analiza riska*. [Problems of risk analysis]. 2015. Vol. 12. No. 6. P. 52–55. (In Russian).
2. *Krickij S.N., Menkel' M.F.* *Gidrologicheskie osnovy upravleniya vodohozajstvennymi sistemami* [Hydrological bases of management of water management systems]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 271 p. (In Russian).
3. *Lobanov S.A., Ushakov M.V.* The river water resources of the Magadan region and their long-term variability. *Geography and natural resources*. 2008. Vol. 29. No. 3. P. 247–250. (In English).