

УДК 551.48+627.133

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КРУПНЫХ РЕК

Мазуркин П.М.

*Марийский государственный технический университет,  
Йошкар-Ола, Россия*

**Приведены методы ранжирования и рангового моделирования гидрологических параметров у множества крупных рек Земли по примеру статистических данных из учебника.**

**Ключевые слова:** реки мира, параметры, ранговые распределения.

**Введение.** Устойчивое развитие [1] предполагает следование в рациональном использовании природных ресурсов четким закономерностям и тенденциям. Применительно к водным объектам такие закономерности могут быть получены методами статистической геоэкологии [2] и гидрологии [3]. В статье по данным [4, с. 127, табл. 6.1] показан *метод оценки пределов роста* по значениям трех основных гидрологических параметров крупных рек мира:  $L$  - длина крупной реки, км;  $S$  - площадь водосборного бассейна реки, т. км<sup>2</sup>;  $Q$  - среднегодовой сток воды, км<sup>3</sup>/год. При ряде многолетних замеров можно находить динамику приближения параметров рек к пределам роста.

По одному «срезу» времени [4, с. 127, табл. 6.1] дается приближенная оценка пределов водных ресурсов крупных рек, причем ресурсы понимаются как научно оправданная доля изъятия пресной воды от среднегодового стока.

**Ранжирование параметров.** Шаг группировки по рангам зависит от точности измерений гидрологических параметров рек. Шаг ранжирования по данным из первоисточника равен 5 км для длины, 5 км<sup>2</sup> для площади и 0,1 км<sup>3</sup> для средне-

годового стока речной воды. В этом случае одинаковый ранг получают одинаковые значения показателей (табл.1). Авторы учебника [4] строки таблицы расставили по убыванию значений площади водосбора.

Отношение каждого параметра к самому себе дает  $r_L$ ,  $r_S$  и  $r_Q$ . Вектор типа «лучше→хуже» у трех гидрологических параметров совпадает: с уменьшением значений параметров  $L$ ,  $S$  и  $Q$  происходит ухудшение гидрологических свойств реки из-за изъятия водных ресурсов. Тогда ранги трех параметров суммируются в сумму рангов  $\Sigma r$ , по которой расставляются рейтинговые места для каждой крупной реки.

Эту методику можно применить к любым рекам, в том числе и к притокам. При этом количество учитываемых параметров не ограничивается.

**Ранговые модели.** В монарных отношениях каждый параметр системы крупных рек Земли принимается за независимую переменную. Тогда, в зависимости от своего ранга, получаются следующие закономерности:

- длины крупных рек мира (рис. 1)

$$L = 6801,37 \exp(-0,098274 r_L^{0,82425}) - 3,9873 \cdot 10^{-128} r_L^{103,6315} \quad (1)$$

- площади водосборного бассейна крупных рек Земли (рис. 2)

$$S = 6915,84 \exp(-0,61547 r_S^{0,22547}) - 48586832 r_S^{14,01325} \exp(-22,94210 r_S^{0,27743}) \quad (2)$$

Таблица 1. Параметры крупнейших рек Земли

Крупная река мира	Длина крупной реки		Площадь бассейна реки		Среднегодовой сток воды		Сумма рангов $\Sigma r$
	$L$ , км	ранг $r_L$	$S$ , т. км <sup>2</sup>	ранг $r_S$	$Q$ , км <sup>3</sup> /год	ранг $r_Q$	
Амазонка	6280	1	6915	0	6930	0	1(01)
Конго (Заир)	4370	6	3820	1	1414	1	8(02)
Миссисипи	5985	2	3220	2	580	7	11(03)
Ла-Плата	4700	4	3100	3	725	5	12(04)
Обь	3650	9	2990	4	395	10	23(08)
Нил	6670	0	2870	5	73.1	17	22(07)
Енисей	3490	10	2580	6	610	6	22(07)
Лена	4400	5	2490	7	532	8	20(06)
Нигер	4160	8	2090	8	270	13	29(10)
Амур	2820	14	1855	9	355	11	34(11)
Янцзы	5520	3	1800	10	995	3	16(05)
Макензи	4240	7	1800	10	350	12	29(10)
Ганг	3000	13	1730	11	1230	2	26(09)
Волга	3350	11	1360	12	239	14	37(14)
Замбези	2660	16	1330	13	106	15	44(15)
Св. Лаврентия	3060	12	1290	14	439	9	35(12)
Нельсон	2600	17	1070	15	86	16	48(16)
Оранжевая	1860	18	1020	16	15.3	18	52(17)
Ориноко	2740	15	1000	17	914	4	36(13)

Примечание: в скобках указаны места по рейтингу

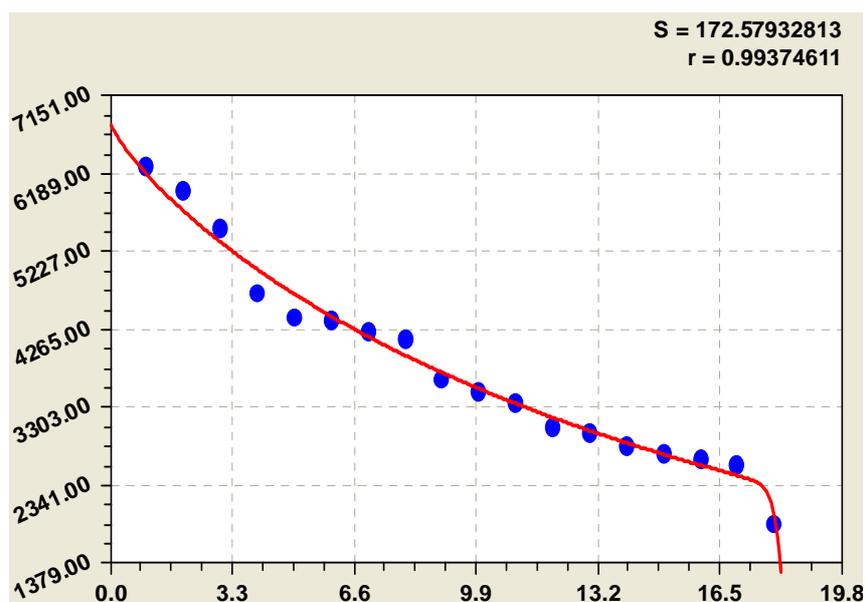


Рис. 1. Ранговое распределение длины крупных рек Земли

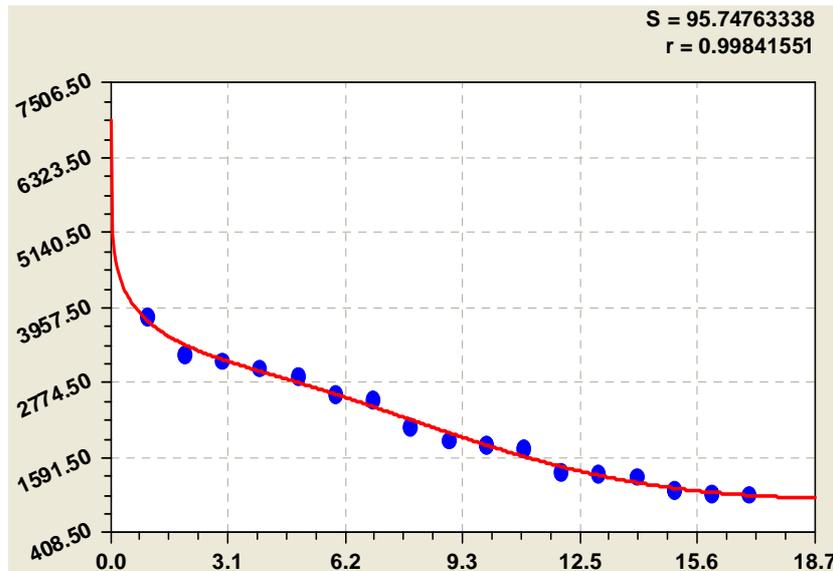


Рис. 2. Ранговое распределение площади водосбора крупных рек

Конструкции уравнений (1) и (2) одинаковы, причем ранговое распределение значений длины становится упрощенным случаем от формулы (2).

Коэффициент корреляции равен 0,9997 (показан вверху рис. 1), а максимальная относительная погрешность достигает 5,09 %. При этом кризисная вторая составляющая формулы (1) показывает резкое усиление антропогенного влияния

с повышением ранга реки, начиная от реки Оранжевая из табл. 1.

По формуле (2) площади бассейнов рек кризисное влияние происходит плавно из-за установления вдоль водотоков водоохраных зон и водозащитных полос.

Модель рангового распределения среднегодового стока речной воды по сравнению с формулой (2) дополняется волновыми составляющими (рис. 3):

$$Q_{1-3} = 6930,00 \exp(-1,01806 r_Q^{0,019097}) - 1071,50 r_Q^{0,26523} \exp(+2,71625 \cdot 10^{-7} r_Q^{3,86758}) - A_1 \cos(\pi r_Q / p_1 + 1,75949)$$

$$A_1 = 3,71466 \cdot 10^{-6} r_Q^{25,79176} \exp(-5,01974 r_Q^{0,98408}) \quad p_1 = 0,018560 + 0,030927 r_Q^{1,04269} \quad (3)$$

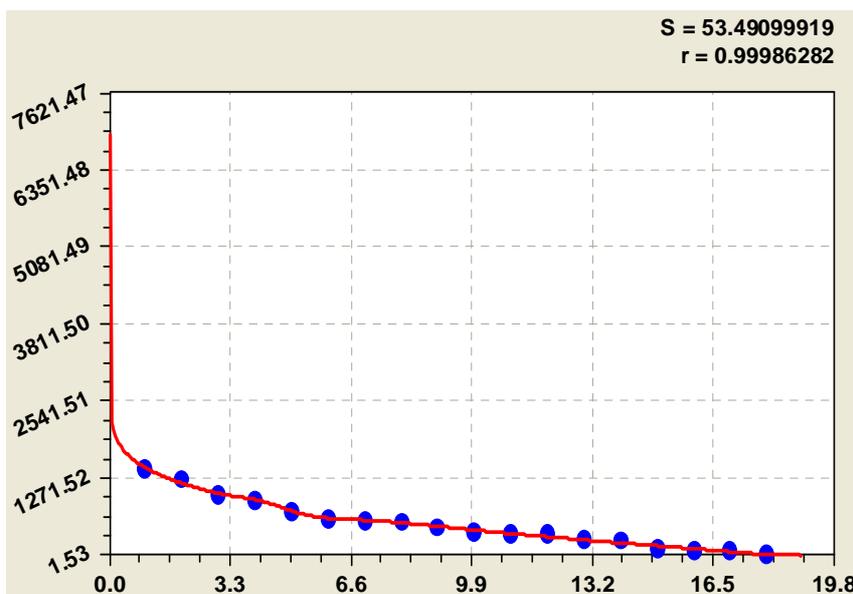


Рис. 3. Ранговое распределение среднегодового стока крупных рек

Первое волновое кризисное возмущение в виде третьей составляющей формулы (3) имеет переменную амплитудно-частотную характеристику (АЧХ):  $A$  - половина амплитуды колебательного возмущения стока у множества крупных рек Земли как некой условной популяции, км<sup>3</sup>/год;  $p$  - половина периода колебательного возмущения среднегодового стока у

множества крупных рек в зависимости от природных и антропогенных катастроф.

Параметр  $Q$  стока речной воды столь информативен, что оказалось возможным получить еще пять волн возмущения среди 19 крупных рек Земли.

Вторая волна возмущения является вейвлет-сигналом [3] и группирует ранги 9-17 по формуле (рис. 4)

$$Q_4 = A_2 \cos(\pi r_Q / p_2 + 3,81018) \quad (4)$$

$$A_2 = 4,29035 \cdot 10^{-7} r_Q^{13,02303} \exp(-1,52793 r_Q^{0,88890}) \quad p_2 = 5,21298 - 0,00030757 r_Q^{2,99154}$$

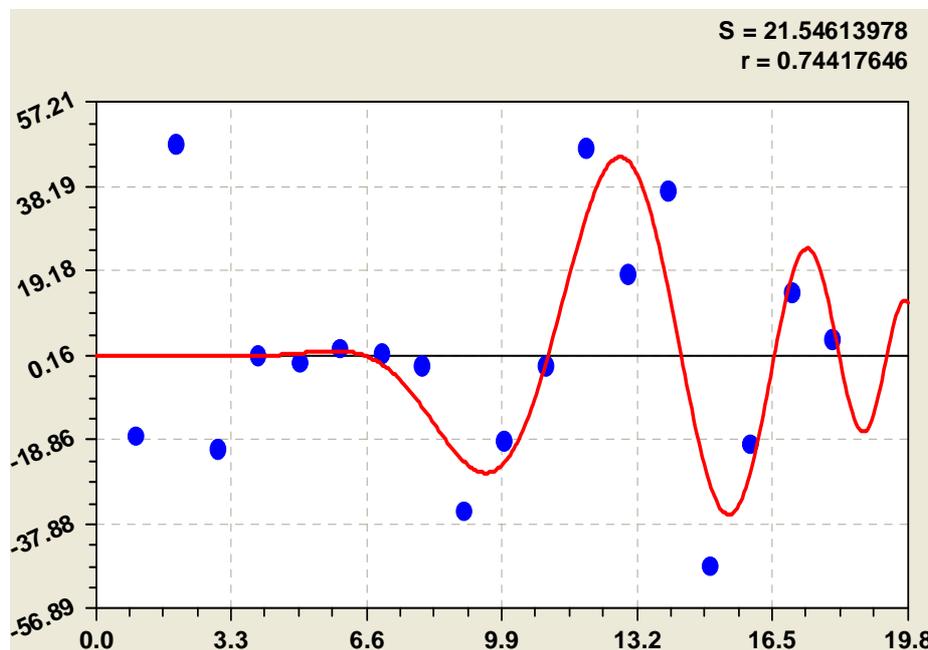


Рис. 4. Ранговое распределение среднегодового стока крупных рек по четвертой составляющей модели

По формуле (4) и рис. 4 река Амур имеет нейтральную позицию среди рангов 9-17, реки Макензи, Нигер, Волга и Нил получили положительную оценку, а реки Св. Лаврентия, Обь, Замбези и Нельсон - отрицательную.

В начале ранжированного ряда крупных рек образовалась группка (рис. 5) по формуле сигнала какой-то общности между ними.

$$Q_5 = 323,2495 r_Q^{4,71431} \exp(-2,58617 r_Q) \cos(\pi r_Q / 1,27078 + 1,40310) \quad (5)$$

Здесь частота колебания постоянная, но амплитуда возмущения значений у среднегодового стока воды значима для

многих средних и малых рек планеты, поэтому формула (5) достоверна и для рек Конго, Ганг и Янцзы.

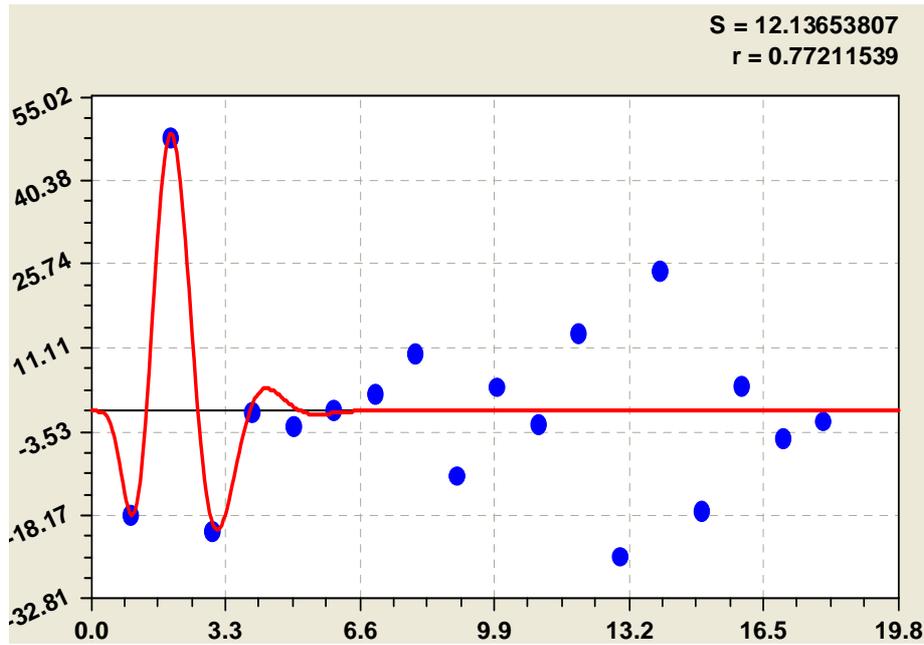


Рис. 5. Ранговое распределение среднегодового стока крупных рек по пятой составляющей модели

Следующая волна возмущения значений стока относится к рангам 7-17, объединяя их в одну группу (рис. 6) по статистической закономерности вида

$$Q_6 = A_4 \cos(\pi r_Q / p_4 - 3,02401) \tag{6}$$

$$A_4 = 98655640,0 r_Q^{110,1567} \exp(-106,7447 r_Q^{0,39807}) \quad p_4 = 1,40000 - 0,031554 r_Q^{0,84241}$$

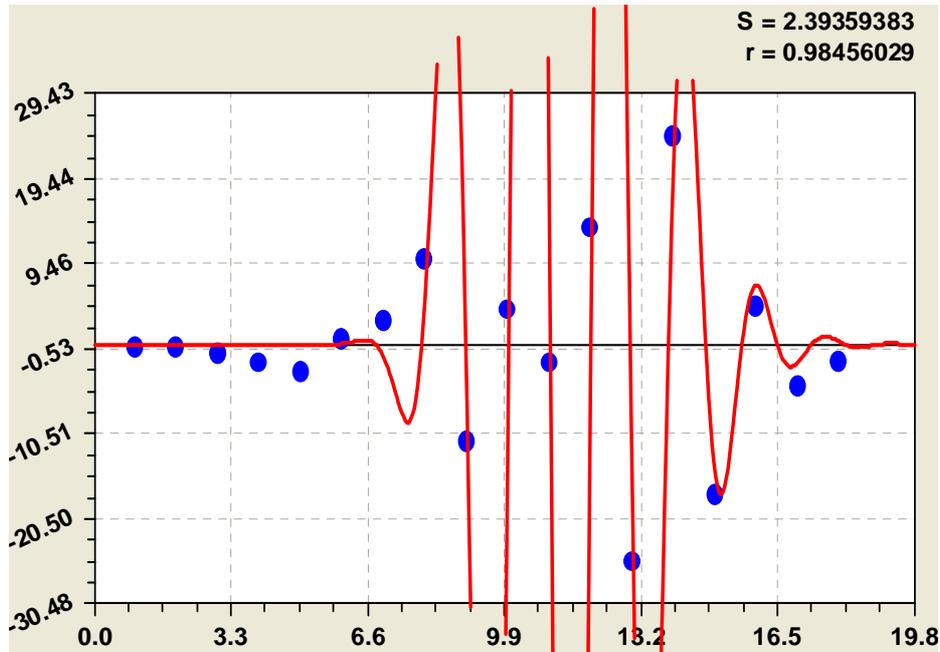


Рис. 6. Ранговое распределение среднегодового стока крупных рек по шестой составляющей модели

Остатки после формулы (6) оказались достаточно высокими, поэтому получилась следующий четкий сигнал (рис. 7) по формуле вейвлет-функции

$$Q_7 = A_5 \cos(\pi r_Q / p_5 + 2,88809) \quad (7)$$

$$A_5 = 0,0026552 r_Q^{5,14601} \exp(-0,00012735 r_Q^{4,98740}) \quad p_5 = 22,83342 - 4,29850 r_Q^{0,60753}$$

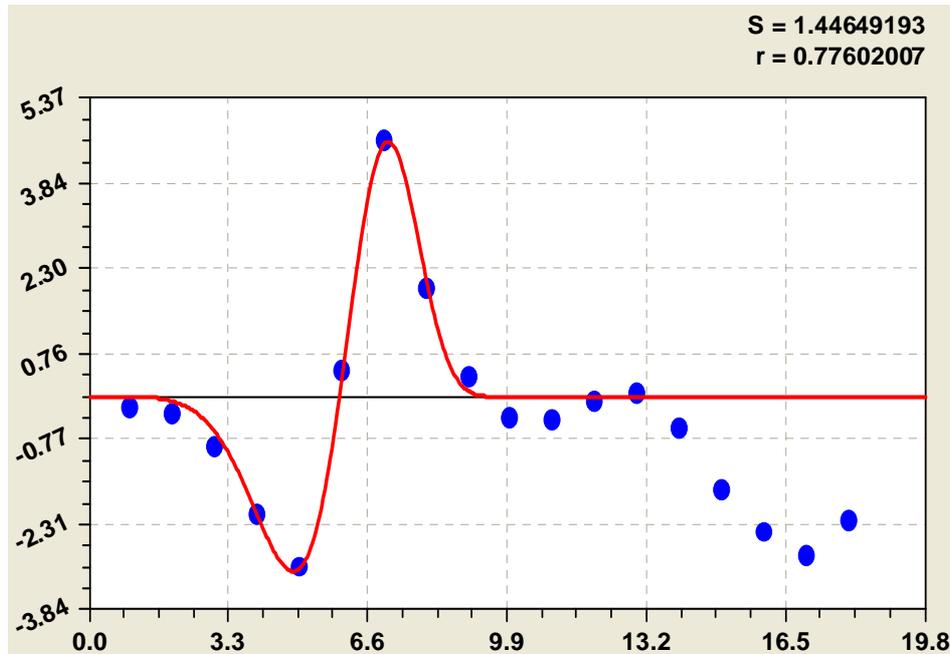


Рис. 7. Ранговое распределение среднегодового стока крупных рек по седьмой составляющей модели

В конце ранжированного ряда крупных рек Земли видно правильное расположение точек. Поэтому восьмая составляющая (рис. 8) получает вид

$$Q_8 = A_6 \cos(\pi r_Q / p_6 - 4,24219) \quad (8)$$

$$A_6 = 8,93705 \cdot 10^{-57} r_Q^{70,10242} \exp(-4,08387 r_Q^{0,99426}) \quad p_6 = 0,29685 + 0,015788 r_Q^{1,32367}$$

Остатки после модели (8), показанные на рис. 9, сравнимы со среднегодовыми стоками малых рек. При этом общая статистическая модель получает вид суммы уравнений

$$Q = Q_{1-3} + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 \quad (9)$$

Модель (9) имеет высокую адекватность и только в одной точке получает максимальную относительную погрешность 0,17 % для реки Оранжевая.

Максимальная абсолютная погрешность  $-0.4394 \text{ км}^3/\text{год}$  наблюдается для

реки Амур (ранг 11 по стоку), что в  $15,3 / 0,4394 = 34,82$  раза меньше по сравнению с рекой Оранжевая.

Из полученной статистической модели (9) рангового распределения среднегодового стока речной воды видно, что для дальнейшего анализа и установления пределов потребления пресноводных ресурсов необходимо составить список по всем крупным, средним и малым главным рекам Земли, то есть по рекам, впадающим в крупные озера, моря и океаны.

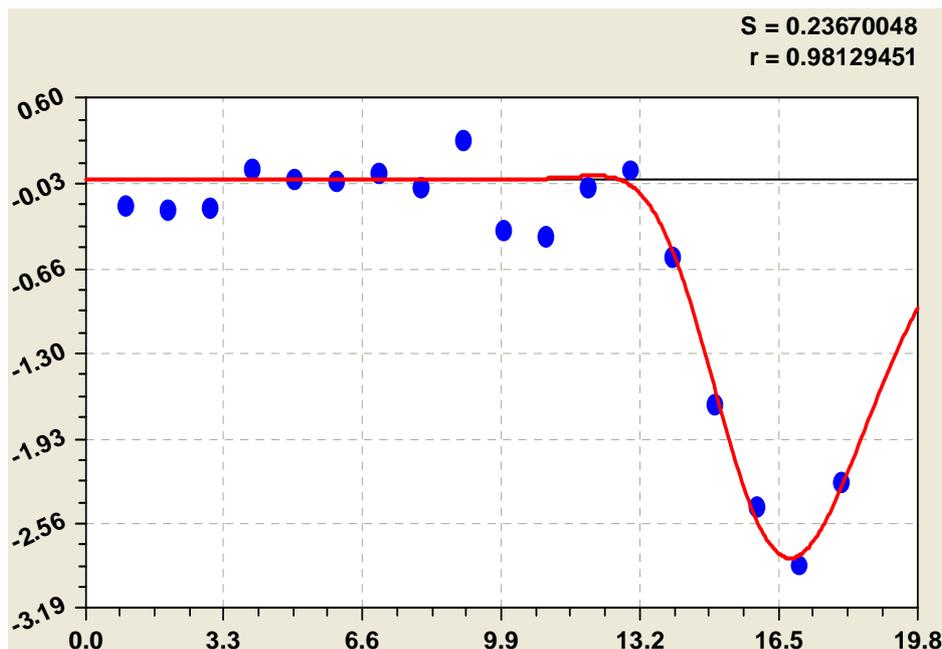


Рис. 8. Ранговое распределение среднегодового стока крупных рек по восьмой составляющей модели

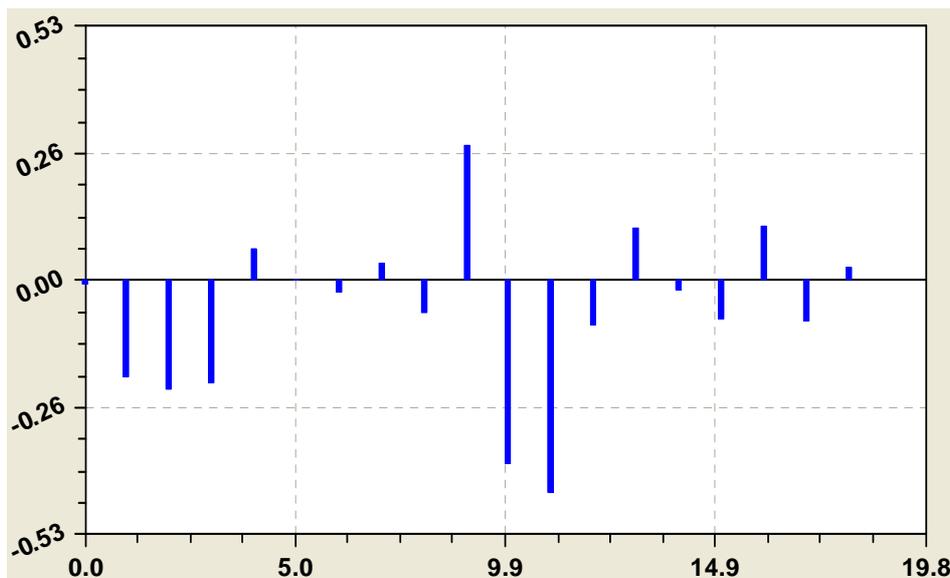


Рис. 9. Остатки после вычислений по модели (9) от факта по табл. 1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мазуркин, П.М. Закономерности устойчивого развития: Научное изд. / П.М. Мазуркин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. - 302с.
2. Мазуркин, П.М. Геоэкология: Закономерности современного естествознания: Научное изд. / П.М. Мазуркин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. - 336 с.
3. Мазуркин, П.М. Статистическая гидрология: Учебное пос. / П.М. Мазуркин,

В.И. Зверев, А.И. Толстухин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. - 274 с.

4. Михайлов, В.Н. Общая гидрология: Учебник / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский. - М.: Высшая школа, 1991. - 368 с.

*Статья опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ*

**WATER RESOURCES OF MAJOR RIVERS**

Mazurkin P.M.

*Mari state technical university,**Yoshcar-Ola, Russia*

There are methods of rating and rank hydrologic modeling parameters from the set of major rivers of the Earth, following the example of the statistical data from the textbook.

Key words: the rivers of the world, the parameters, rank distribution.