

УДК 551.48(584.5)

Г.Н.Петров

ПРОГНОЗ ГИДРОГРАФА ГОДОВОГО СТОКА Р. ВАХШ*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Республики Таджикистан**(Представлено академиком АН Республики Таджикистан З.Д.Усмановым 22.06.2010 г.).**В статье предложена методика расчета максимальных паводковых расходов р.Вахш.*

Ключевые слова: речной сток – паводок – гидрограф – водохранилище – гидроузел – прогноз – корреляция.

Водный сток центральноазиатских рек отличается очень большой неравномерностью [1], а его использование в гидроэнергетике и ирригации требует достаточно равномерных расходов как в сезонном, так и в многолетнем периодах времени, что достигается за счет строительства крупных водохранилищ. В Таджикистане самым крупным и пока единственным таким водохранилищем сегодня является водохранилище Нурекской ГЭС на р. Вахш. При этом эффективное регулирование речного стока даже такими крупными водохранилищами, как Нурекское, возможно только при достаточно надежном прогнозе как общего объема стока реки, так и его объема в паводок, то есть годового гидрографа стока.

Большое значение имеет прогноз гидрографа и паводковых расходов также для обеспечения безопасности эксплуатации гидроузлов и окружающих их территорий.

В работе [2] была разработана методика прогноза общего годового стока р. Вахш и, соответственно, его среднегодового расхода. Она основана на корреляции интегрированного стока реки за определенные месяцы наблюдений со среднегодовым стоком и обеспечивает непрерывно повышающуюся точность прогноза.

Но прогноз годового стока в [2] был разработан для створа реки, расположенного на 70 км выше Нурекской ГЭС (гидропост Дарбанд), и между ними имеет место боковая приточность, увеличивающая сток. Методика учета этой боковой приточности р. Вахш была представлена в работах [3] и [4].

На основании работ [1-4] в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан разработана математическая модель прогноза гидрографа и расхода паводка для Нурекской ГЭС на р. Вахш. Входными данными для нее являются фактические среднемесячные расходы р. Вахш на гидрологическом посту Дарбанд.

В качестве расхода паводка в модели принимался расход июля, который, как показывает рис. 1, является максимальным для всего периода наблюдений за 78 лет (1932-2010 гг.). Именно этот расход и формирует гидрограф р. Вахш.

Адрес для корреспонденции: Петров Георгий Николаевич. 734002, Республика Таджикистан, Душанбе, ул. Парвина, 12, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ. E-mail: geomar@bk.ru

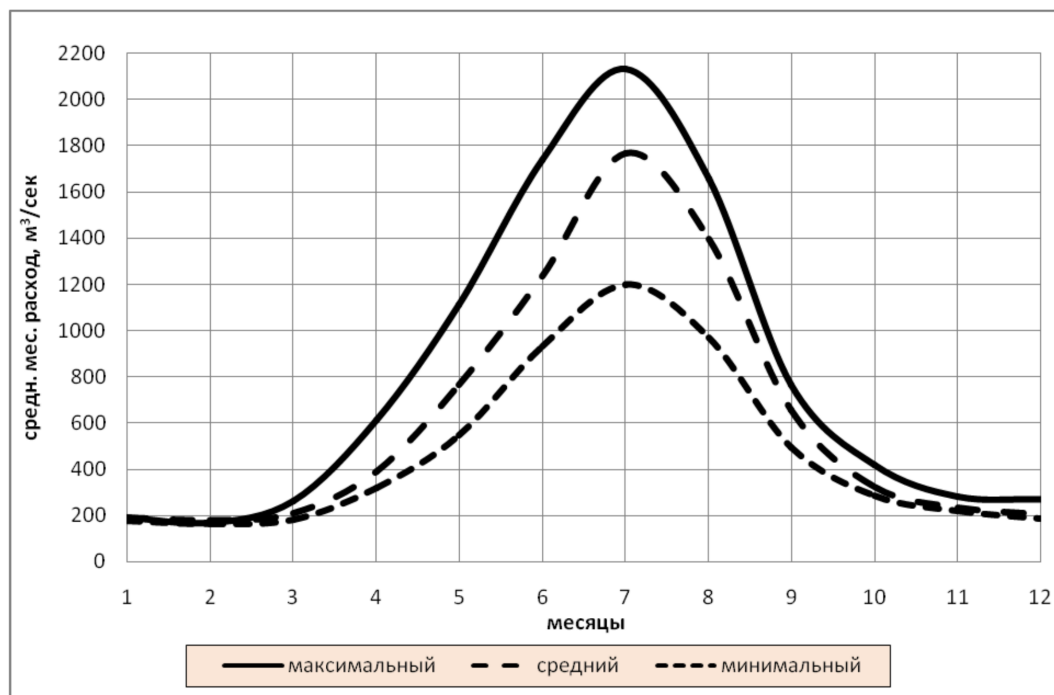


Рис. 1. Типовые фактические гидрографы р. Вахш
(по данным ГУ Гидрометеорологии Республики Таджикистан).

В свою очередь, среднемесячный расход июля (рис. 2) тесно связан с годовым расходом реки. Коэффициент детерминации между ними - $R^2 > 0.7$, а общее уравнение связи имеет вид:

$$Q_7 = 3.08033Q_{\text{ср}} - 344.00665,$$

где Q_7 = среднемесячный расход июля, м³/сек, $Q_{\text{ср}}$ – среднегодовой расход, м³/сек.

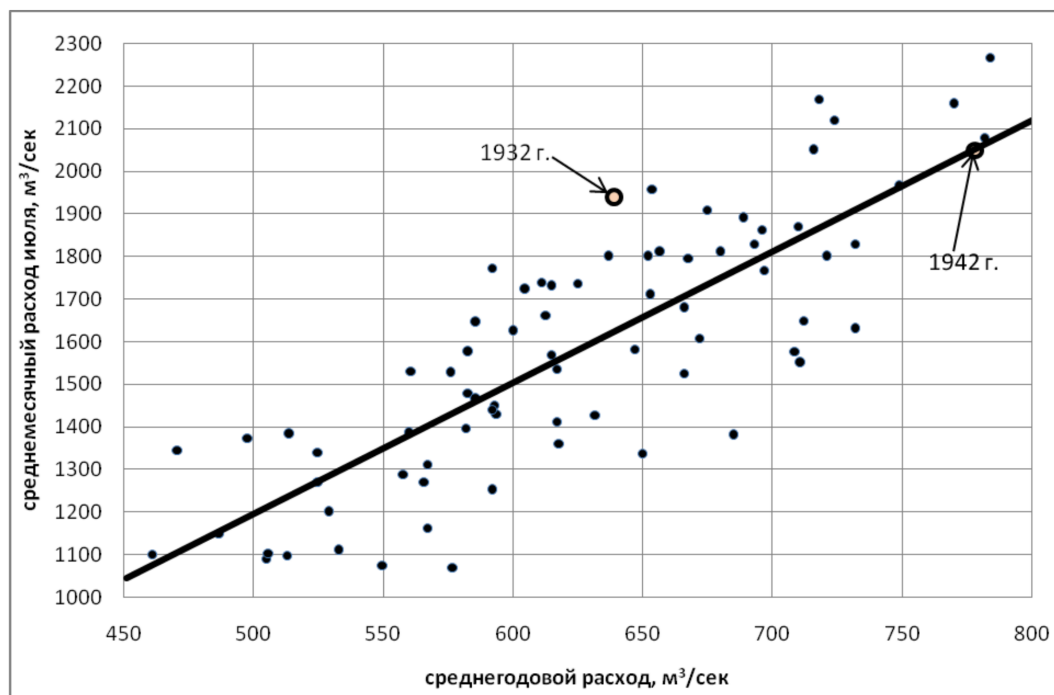


Рис. 2. Зависимость среднемесячного расхода июля от среднегодового расхода.

Все другие среднемесячные расходы года принимались в модели по их связи со среднегодовым расходом реки. Соответствующие коэффициенты связи приведены в табл. 1.

Результаты расчета гидрографов с использованием разработанной математической модели для двух выделенных на рис. 2 лет приведены на рис. 3 и 4.

Таблица 1

Отношение среднемесячных расходов к среднегодовому

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Отношение месячного расхода к годовому	0.2791	0.265749	0.33836	0.73036	1.29765	1.95459	2.50332	2.12147	1.10403	0.53219	0.38881	0.32762

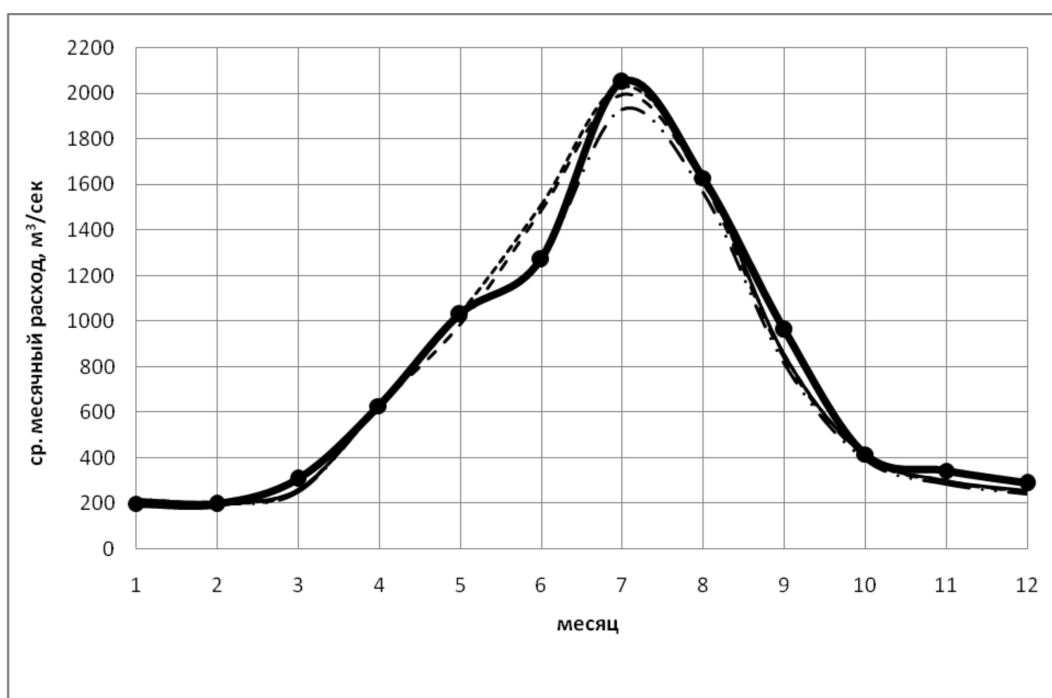


Рис. 3. Расчет среднего гидрографа 1942 г.

Из рисунков видно, что модель хорошо прогнозирует паводковые расходы для лет средней водности и в то же время занижает их для всех точек, лежащих выше линии регрессии на рис. 2. В таком виде она пригодна для расчета средних показателей в многолетнем разрезе: объема паводкового стока, выработки пиковой сезонной электроэнергии и др.

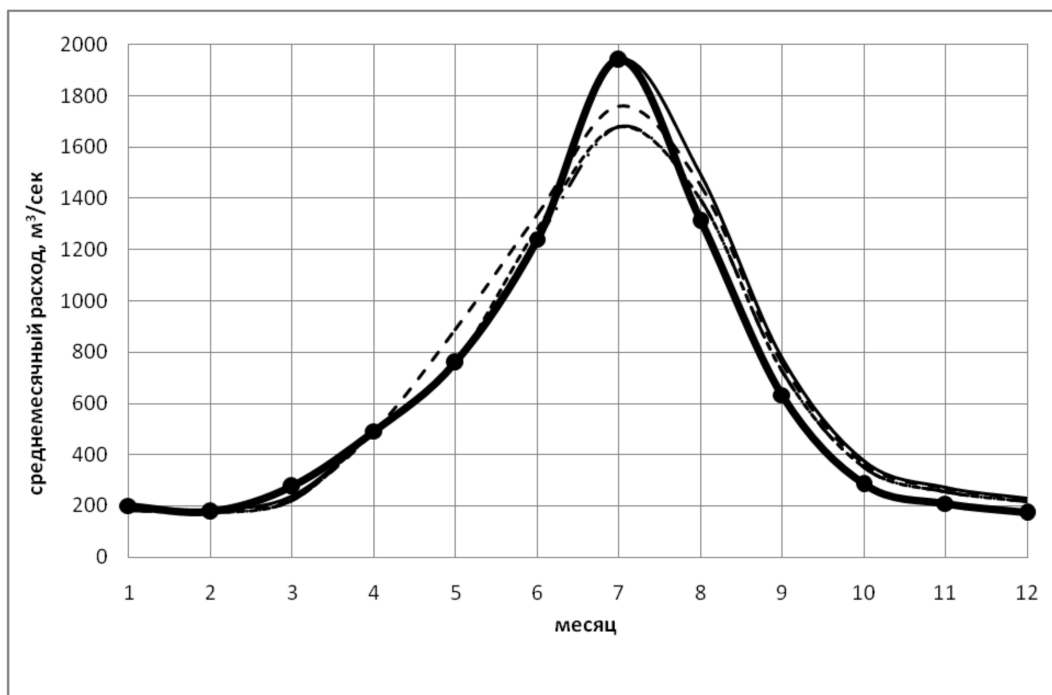


Рис. 4. Расчет среднего гидрографа 1932 г.

В то же время для обеспечения безопасной эксплуатации гидроузлов и водохранилищ большее значение имеет расчет реальных максимальных значений паводков. Для этого в математическую модель был добавлен специальный блок, рассчитывающий годовой гидрограф и расход паводка июля 90-% обеспеченности.

Соответствующая этому случаю верхняя граница доверительного интервала уравнения регрессии $Q_7 = f(Q_{cp})$ рассчитывалась по уравнению:

$$Q_7^{доп} = \bar{Q}_{7,0} + t_{(v, 1-\alpha)} \left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(Q_{cp,0} - \bar{Q}_{cp})^2}{\sum (Q_{cp,i} - \bar{Q}_{cp})^2} \right] \times S, \quad (1)$$

где

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{7,j} - \bar{Q}_{7,j})^2}{(n-2)}},$$

$Q_7^{доп}$ – ординаты доверительных значений среднемесячного расхода июля для среднегодового расхода $Q_{cp,0}$,

$\bar{Q}_{7,0}$ – рассчитанное по уравнению корреляции: $Q_7 = f(Q_{cp})$ значение Q_7 для среднегодового расхода $Q_{cp,0}$,

$\bar{Q}_{cp}$ – среднее значение среднегодовых расходов для рассматриваемой выборки,

$Q_{cp,j}$ – индивидуальные значения среднегодовых расходов в рассматриваемой выборке,

$Q_{7,j}$ и $\bar{Q}_{7,j}$ – индивидуальные и рассчитанные по уравнению корреляции значения среднемесячных расходов в июле для среднегодового расхода $Q_{cp,j}$.

Для исследуемой выборки имеем:

$$\bar{Q}_{cp} = 631.141,$$

$$\left(Q_{cp,i} - \bar{Q}_{cp}\right)^2 = 565105.4487$$

$$S = 168.7946,$$

$n = 78$ – объем рассматриваемой выборки,

ν – число степеней свободы для S^2 (в нашем случае $\nu = n-2$)

Приняв в качестве границ 90-процентные односторонние доверительные интервалы, будем иметь:

$$t_{(\nu, 1-\alpha)} = 1.8.$$

Рассчитанная по зависимости (1) верхняя граница доверительного интервала показана на рис.

5.

Соответствующий гидрограф 90-% обеспеченности для того же года, что и на рис. 4, показан на рис. 5. Видно, что в таком виде предлагаемая модель хорошо предсказывает максимальные паводковые расходы года даже для самых экстремальных случаев, встречающихся в действительности. Это делает ее пригодной также для управления безопасностью Нурекского гидроузла.

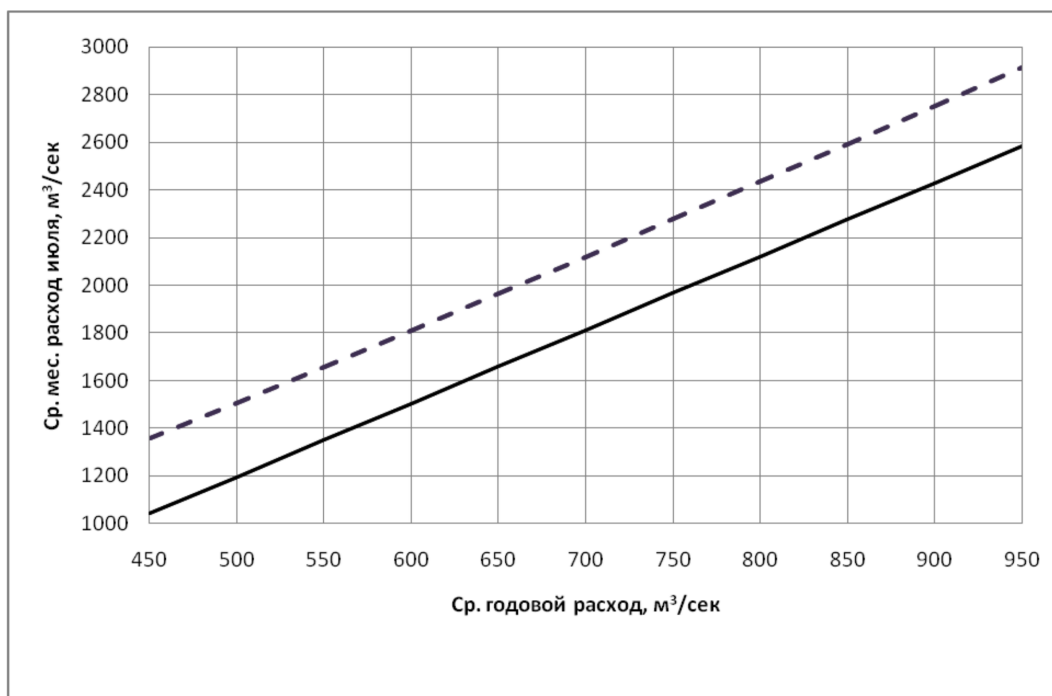


Рис. 5. Доверительная вероятность 90-% уравнения корреляции $Q_7 = f(Q_{cp})$

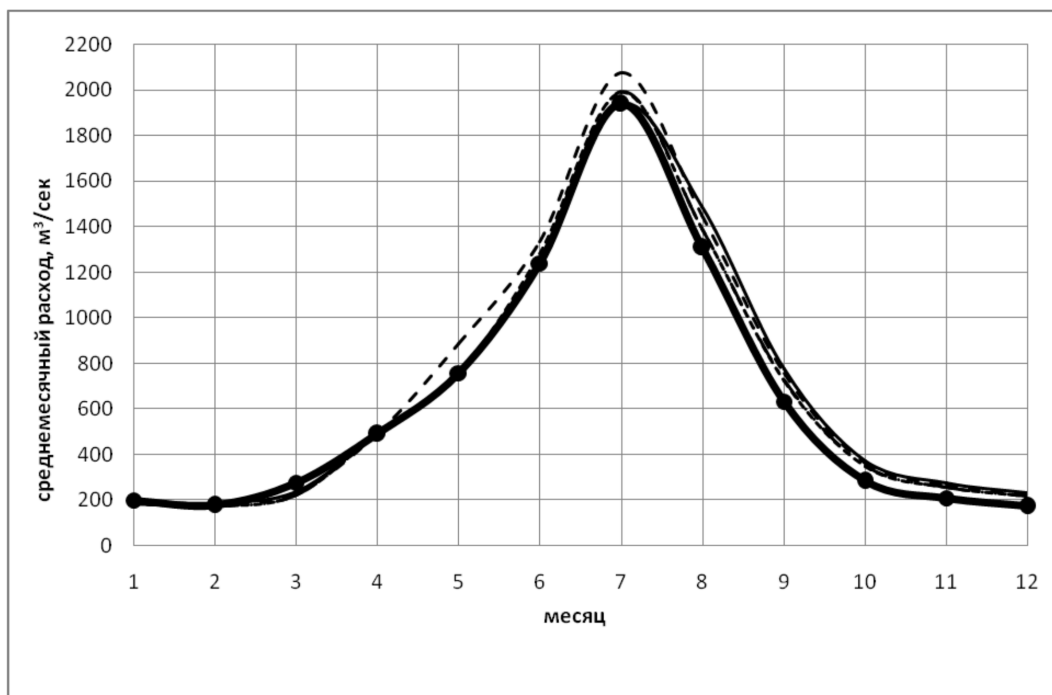


Рис. 6. Расчет гидрографа 90%-обеспеченности 1932 г.

Поступило 22.06.2010 г.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Петров Г.Н. – ДАН РТ, 2007, т. 50, № 6, с. 539-545.
2. Петров Г.Н., Курбанов А.А. – Изв. АН РТ. Отд. Физ.-мат., хим. и геол. наук, 2007, № 4(129).
3. Петров Г.Н. Оптимизация режимов работы гидроузлов с водохранилищами. НПИЦ РТ. – Душанбе, 2009, 138 с.
4. Петров Г.Н. Расчет боковой приточности к Нурекскому водохранилищу. Авторское свидетельство на ИП, № 049 Т. 23.10.2007.
5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ т.1. – М.: Финансы и статистика, 1986, 320 с.

Г.Н.Петров

ПЕШГУЌИИ ГИДРОГРАФИИ ҚАРАЁНИ СОЛОНАИ ДАРЁИ ВАХШ*Институти проблемаҳои об, гидроэнергетика ва экологии**Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола методикаи ҳисоббарории масраҳҳои зиёдтарини обхезии дарёи Вахш пешниҳод шудааст.

Калимаҳои калидӣ: қараёни дарё – обхезӣ – гидрограф – обанбор – гидроузел – пешгӯӣ – коррелятсия.

G.N.Petrov

THE FORECAST OF A HYDROGRAPHER OF AN ANNUAL DRAIN OF THE RIVER VAKHSH

*Institute of Water Problems, Water-Power Engineering and Ecology,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

The technique and mathematical forecasting model of a hydrographer and the maximum expense of a high water of the river Vakhsh in an alignment Hydroelectric Power Station of Nurek is developed. The model allows to optimize work of Nureksky hydroknot and raises its safety. Practical calculations are resulted.

Key words: *river drain – high water – hydrographer – water basin – hydroknot - forecast – correlation.*