

во Белоруссии. Минск, 1965. 3. Соломоныя О.Г. Основы проектирования оптимальной ирригационной системы методами математического программирования. Автореф. докт. дис. — М., 1968. 4. Трофимов В.В. К вопросу определения оросительной способности незарегулированных рек. — Гидротехника и мелиорация, 1952, № 5. 5. Чернявский В.С. Некоторые задачи оптимизации ирригационных систем. Автореф. канд. дис. — М., 1969. 6. Шавва Қ.И. Определение оптимальных вариантов водохозяйственных объектов и рациональных схем использования водных ресурсов. — Фрунзе, 1972. 7. Богаченко И.В. Методические вопросы взаимосвязи показателей сравнительной и абсолютной эффективности при оптимизации технико-экономических решений в гидростроительстве. — Тр. координац. совещ. по гидротехнике. Л., 1974, вып. 88. 8. Инструкция (методика) по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ. — М., 1972. 9. Коваленко Б.Г., Мереинов В.З., Загородный В.М. К созданию экономико-математической модели оросительной системы. — Тр. КиргНИИВХ. Фрунзе, 1972, вып. 28. 10. Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель в нечерноземной зоне. — Минск, 1974. 11. Халбаева Р.А. Совершенствование планирования водопользования и водораспределения. — Ташкент, 1975. 12. Мереинов В.З., Коваленко Б.Г. Расчеты водораспределения и оперативного управления оросительной системой. — Тр. КиргНИИВХ. Фрунзе, 1972, вып. 28. 13. Шшокин С.А. К расчету дефицита незарегулированного стока и площади неполитых земель. — В сб.: Мелиорация, гидротехника и водоснабжение. — Горки, 1975, вып. 3. 14. Голченко М.Г., Стельмах Е.А. Методические рекомендации по определению расчетной обеспеченности орошения в Белоруссии. — Горки, 1978. 15. Инструкция по проектированию лиманного орошения. ВСН II-24-75. — М., 1975.

УДК 551.48

Г.Н. Молчан, А.В. Клебанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК ПОЛЕСЬЯ

Согласно действующим нормам [1,2], расчетные гидрографы половодий строятся по равнообеспеченным значениям объемов и максимальных расходов. Продолжительность половодья, соответствующая этим гидрографам, является основным элементом весеннего стока при его регулировании с целью обеспечения уровня режима в водоприемнике, определяющего площадь и длительность затопления и подтопления земель. Поэтому возникает задача нахождения расчетной продолжительности весеннего половодья дифференцированно, в зависимости от различной водности весны, т.е. от сочетания максимального расхода Q и слоя стока h . Для рек равнинных районов, изученных и не изученных в гидрологическом отношении, можно использовать предлагаемый в данной работе метод, апробированный на 5 речных водосборах, расположенных на левобережье р. При-

пять в Белорусском Полесье, по которым установлено, что мелиоративные мероприятия не влияют на режим весеннего половодья.

Максимальные расходы воды, слой стока и продолжительность половодья (по годам) приняты по данным Гидрометслужбы БССР [3, 4, 5].

Границы половодья устанавливались по гидрографам стока в соответствии с [6]. За начало половодья принимался первый день со значительным увеличением расхода воды, а за окончание — день в конце кривой спада половодья, когда интенсивность спада уже резко снизилась. Объем весеннего половодья был принят суммарным, включая поверхностный и грунтовой сток.

Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых обеспеченности максимальных расходов и слоя стока за половодье применены кривые трехпараметрического гамма-распределения, параметры которых установлены непосредственно по имеющимся рядам наблюдений, согласно [1], и сведены в табл. 1.

При статистическом анализе многолетних колебаний максимальных расходов половодий некоторые члены были исключены, как резко выделяющиеся согласно параметрическому критерию. Как указано в [7], наступление экстремных значений характеристик стока может явиться следствием особых гидрометеорологических процессов, способствующих появлению вариантов малой вероятности (нерепрезентативных для данной выборки) или генетически не совместимых с остальными членами ряда.

Продолжительность весеннего половодья рек (T в сутках) может быть выражена следующей функциональной зависимостью:

$$T = \frac{h \cdot F}{86,4 \cdot Q} \gamma, \quad (1)$$

где h — слой стока, мм; F — площадь водосбора, км²; Q — максимальный среднесуточный расход, м³/с; γ — коэффициент полноты формы гидрографа, принимаемый в качестве одной из характеристик формы гидрографа и равный отношению Q к среднему расходу за период половодья \bar{Q} ($\gamma = \frac{Q}{\bar{Q}}$) [7].

Исследованиями установлено, что величина коэффициента γ зависит от водности весны и с достаточной для практических расчетов точностью аппроксимируется уравнением:

$$\gamma = a + b \cdot Q + c \cdot h, \quad (2)$$

где a , b , c — постоянные коэффициенты для данного водосбора.

Подставив (2) в (1), получаем формулу для определения продолжительности весеннего половодья для каждого конкретного года:

$$T = \frac{h \cdot F}{86,4 \cdot Q} (a + b \cdot Q + c \cdot h). \quad (3)$$

Т а б л. 1. Максимальные среднесуточные расходы воды и слои стока весеннего половодья рек

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений		Элемент половодья	Норма Q, м ³ /с, h, мм	C _V	C _S
		годы	число лет				C _V
Р. Бобринск – с. Парохонск	1450	1925–1933,	44	Q	35,0	0,54	1,0
		1940–1941 1945–1977	43	h	66,0	0,47	1,0
Р. Птичь – с. Лучицы	8770	1895–1917,	71	Q	257	0,58	2,0
		1926–1941, 1945–1976	70	h	85	0,41	1,0
Р. Ясельда – г. Береза	916	1928–1933,	39	Q	33,1	0,60	2,0
		1941, 1945– 1977		h	83	0,46	1,5
Р. Оресса – с. Верхутино	520	1926–1939,	44	Q	21,9	0,58	2,0
		1947–1960, 1962–1977		h	73	0,45	1,0
Р. Оресса – с. Андреевка	3580	1926–1941,	48	Q	81,3	0,62	2,0
		1945–1976		h	65	0,48	1,5

Т а б л. 2. Значение коэффициентов a, b, c зависимости (2)

Река – пункт	Число лет наблюдений, вошедших в расчет	a	b·10 ²	c·10 ²	Коэффициент множественной корреляции	K _д	δ _T , %
Р. Бобринск – с. Парохонск	42	1,80	4,230	-1,163	0,78	12,8	13,5
Р. Птичь – с. Лучицы	69	1,63	0,401	-0,222	0,79	17,3	14,8
Р. Ясельда – г. Береза	38	2,26	5,020	-1,310	0,78	12,1	15,2
Р. Оресса – с. Верхутино	44	2,18	5,230	-0,915	0,91	34,7	11,1
Р. Оресса – с. Андреевка	48	1,42	0,700	0,208	0,74	11,2	15,1

В табл. 2 приведены коэффициенты а, b, с зависимости (2), вычисленные методом наименьших квадратов, коэффициенты корреляции, а также средние относительные ошибки / δ_T / (в процентах) в определении продолжительности половодий по (3) по сравнению с наблюдавшимися данными конкретных лет.

Оценку достоверности коэффициента корреляции проведем с помощью коэффициента достоверности K_D , равного отношению коэффициента корреляции к его среднему квадратическому отклонению:

$$K_D = \frac{|r| \sqrt{n-1}}{1 - r^2}, \quad (4)$$

где $|r|$ – абсолютная величина коэффициента корреляции; n – число членов ряда.

В гидрологических расчетах при $K_D > 3$ значение коэффициента корреляции считается достоверным; $3 > K_D > 1$ – имеется тенденция связи коррелируемых величин; $K_D < 1$ – связь отсутствует [8]. Из таблицы следует, что для всех расчетных случаев $K_D > 3$, и, следовательно, наше утверждение о найденной с помощью коэффициента корреляции тесноте связи достоверно.

Следует отметить, что при определении продолжительности весеннего периода в подвижных границах установление конца весны представляет определенные трудности (часто в это время появляются новые подъемы

Т а б л. 3. Расчетная продолжительность весеннего половодья рек

Река – пункт	Элемент половодья	Обеспеченность Q и h, %				
		0,5	1	5	10	25
Р. Бобрик – ст. Парохонск	γ	3,81	3,68	3,32	3,12	2,83
	Т	110	107	97	93	84
Р. Птичь – с. Лучицы	γ	4,42	4,14	3,48	3,17	2,73
	Т	104	102	95	93	89
Р. Ясельда – г. Береза	γ	4,91	4,58	3,83	3,48	3,05
	Т	100	96	87	84	79
Р. Оресса – с. Верхутино	γ	4,20	3,96	3,40	3,13	2,81
	Т	62	61	58	57	56
Р. Оресса – с. Андреевка	γ	3,64	3,43	2,92	2,69	2,34
	Т	93	90	83	80	76

дождевого происхождения), из-за которых невозможно избежать элемента субъективности. Все это в конечном счете ведет к ослаблению связи (2) и снижению точности расчета продолжительности половодья по (3). Поэтому фактические значения $|\delta_T|$ могут быть меньше приведенных в табл. 2.

В табл. 3 даны вычисленные по (2) и (3) коэффициенты γ и продолжительность весенних половодий с равнообеспеченными значениями максимальных расходов Q и слоев стока h .

Как следует из табл. 3, с уменьшением обеспеченности коэффициенты полноты формы гидрографа и продолжительность весеннего половодья увеличиваются. Возрастание коэффициента γ свидетельствует об увеличении крутизны (неравномерности) гидрографа, и наоборот — уменьшение γ указывает на его распластывание.

Для не изученных в гидрологическом отношении рек расчетная продолжительность половодья, соответствующая заданной обеспеченности Q и h , определяется по (1).

Значение расчетного коэффициента полноты формы гидрографа (γ_p) следует принимать по ближайшей изученной в гидрологическом отношении реке-аналогу ($\gamma_p = \gamma_a$) [1,9].

В заключение необходимо подчеркнуть, что в настоящий момент в научной литературе многими исследователями приводятся формулы для определения только средней многолетней продолжительности весеннего половодья [10, 11, 12]. Полученная нами зависимость (3) позволяет дифференцированно, в зависимости от различной водности весны, т.е. от сочетания максимального расхода Q и слоя стока h , рассчитывать искомую продолжительность T .

Л и т е р а т у р а

1. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. ГУГМС. — Л., 1973.
2. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик (СН 435—72). — Л., 1972.
3. Гидрологические ежегодники. Бассейн Черного моря. — Л., 1933—1975, т. 2, вып. 2 и 3.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Л., 1966, 1974. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Преднепровье.
5. Там же, ч. I. — Л., 1966.
6. Методические рекомендации к составлению справочника по водным ресурсам СССР. — Л., 1962. Вып. 7. ч. I. Половодье.
7. Артемьев А.П., Лившиц И.М. Применение статистических критериев для исключения резко выделяющихся членов гидрологических рядов. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Минск, 1972, вып. 2.
8. Иванов А.Н., Неговская Т.А. Гидрология и регулирование стока. — М., 1970.
9. Шебеко В.Ф., Брагилевская Э.А. Расчетные гидрографы весеннего половодья рек-водоприемников. — В сб.: Мелиорация переувлажненных земель. Тр. БелНИИМВиХ. — Минск, 1976, Т. XXIV.
10. Боголюбов С.Н. Методика проектирования гидрографов снегового половодья. Тр. НИУ ГУГМС. — Л., 1946. Сер. IV, вып. 29.
11. Огиевский А.В. Гидрология суши. — М., 1951.
12. Соколовский Д.Л. Речной сток. — Л., 1968.