

УДК 556.16.047+166(476)

Волчек А.А., Шелест Т.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОГРАФОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ РЕК БЕЛАРУСИ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Введение. Одним из актуальных направлений в области современных гидрологических расчетов является дальнейшее развитие и совершенствование существующих и разработка новых методов определения расчетных значений основных гидрологических характеристик. При этом существует проблема обобщения исходной гидрологической информации во времени и пространстве за многолетний период, в результате чего исходные данные гидрометрических наблюдений за последние 30–40 лет в должной мере не используются при решении ряда научных и практических задач инженерной гидрологии (при проектировании, строительстве, эксплуатации гидротехнических сооружений). А это существенно снижает точность определения расчетных гидрологических характеристик, от которой зависит сочетание двух требований – экономической целесообразности и безопасности проектируемых сооружений [5].

Подобная проблема является актуальной и для территории Беларуси, где также требуется перерасчет параметров водохозяйственных объектов с учетом наблюдений последних десятилетий.

Кроме того, в связи наблюдаемыми изменениями в условиях формирования стока (вследствие увеличения антропогенной нагрузки, изменения климата) возникла необходимость оценки произошедших изменений в речных бассейнах и уточнения существующих методов расчета гидрологических характеристик в современных условиях.

Проблема определения гидрологических характеристик при отсутствии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений остается одной из главных. Так, в Беларуси на более чем 20 тыс. рек и ручьев приходится только 123 гидрологических поста.

Целью настоящего исследования является усовершенствование существующей методики построения гидрографов дождевых паводков на реках Беларуси в случае отсутствия данных гидрометрических наблюдений с использованием материалов наблюдений последних лет.

Паводок представляет собой очень сложное природное явление, зависящее от многих факторов, которые невозможно полностью учесть при моделировании его формы. Поэтому в инженерной гидрологии обычно ограничиваются схематизацией процесса формирования паводка.

Существующая методика построения гидрографов дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений на реках предусматривает наличие рек-аналогов. Однако подобрать реку-аналог при нынешней густоте гидрологических постов, которая бы в полной степени соответствовала предъявляемым требованиям, достаточно сложно.

В основу исследования положены материалы наблюдений Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за максимальными расходами воды дождевых паводков за период от начала инструментальных наблюдений до 2010 г., а также среднесуточными расходами воды рек за период 1981–2010 гг.

Методика построения гидрографов дождевых паводков. Создание методов проектирования формы паводков (и половодий) началось практически одновременно с разработкой формул для расчета максимального стока. В 20-х гг. прошлого века Д.И. Кочерин рассматривал схематизацию форм паводков в форме треугольника или трапеции, а также предлагал для этих целей использовать кривые распределения Пирсона III и IV типов. В последующем этими вопросами занимались Д.Л. Соколовский, В.Г. Андреев, Г.А. Алексеев, К.П. Воскресенский, А.В. Огиевский, И.А. Железняк, С.Н. Крицкий и др., позже – Л.С. Кучмент, В.И. Корень, Ю.Б. Виноградов, Г.П. Калинин, А.Г. Левин, И.А. Шикломанов и др.

Г.А. Алексеев для схематизации одномодальных гидрографов паводков предложил уравнение, описывающее волну паводка, основанное на уравнении кривой распределения Гудрича и разработал метод определения расчетных параметров. Этот метод в настоящее время рекомендован нормативными документами для расчета одновершинных гидрографов дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений (рек с площадью водосборов более 200 км²) и для условий Беларуси [3]. Формула для расчета одновершинного гидрографа имеет вид [3, 4]:

$$y = 10 \frac{a(1-x)^2}{x}, \quad (1)$$

где $y = \frac{Q_i}{Q_p}$ – расход воды, выраженный в долях от максимального среднего суточного расхода воды (Q_p) заданной обеспеченности

$P\%$; $x = \frac{t_i}{t_n}$ – время от начала паводка, выраженное в долях от продолжительности подъема паводка t_n , при этом t_i – время, соответствующее Q_i ; от начала паводка; a – параметр, зависящий от коэффициента формы гидрографа λ :

$$\lambda = \frac{q \cdot t_n}{0,0116 \cdot h}. \quad (2)$$

Коэффициент формы гидрографа (λ), абсцисса расчетного гидрографа (x) и ордината (y) принимаются по приложению Б, таблица Б.10 [3] в зависимости от коэффициента несимметричности гидрографа K_s , вычисляемого по формуле:

$$K_s = \frac{h_n}{h} = f(\lambda), \quad (3)$$

где h_n – слой стока за период подъема паводка, мм; h – слой стока за паводок, мм.

Расчетный коэффициент несимметричности гидрографа K_s при отсутствии данных гидрометрических наблюдений на реке определяется (принимается) по наблюдениям на реке-аналоге.

Координаты расчетного гидрографа $Q = f(t)$ определяются по таблице соответственных значений $y = f(x)$ (таблица Б.10) [3] путем умножения абсцисс x на продолжительность подъема паводка, а ординат y – на максимальный расчетный расход воды, т.е. по формулам:

$$t_i = x \cdot t_n, \quad (4)$$

$$Q_i = y \cdot Q_p, \quad (5)$$

где $Q_p = q_p \cdot A$ – расчетный максимальный средний суточный расход воды дождевого паводка, м³/с; t_n – продолжительность подъема дождевого паводка (в сутках), которая определяется по формуле:

$$t_n = \frac{0,0116 \cdot \lambda \cdot h_p}{q_p}, \quad (6)$$

где q_p – расчетный модуль максимального среднесуточного расхода воды паводка, м³/(с·км²); h_p – слой стока расчетной обеспеченности, мм.

Таким образом, для построения расчетного гидрографа в случае отсутствия данных гидрометрических наблюдений необходимо определить: 1 – максимальный среднесуточный расход воды; 2 – слой стока расчетной обеспеченности; 3 – коэффициент несимметричности паводка.

Волчек Александр Александрович, д.г.н., профессор, декан факультета водоснабжения и гидромелиорации Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Шелест Татьяна Анатольевна, аспирант Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина.

Беларусь, БрГУ имени А.С. Пушкина, 224016, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

Таблица 1. Корреляционная матрица максимальных модулей стока дождевых паводков 10 %-й обеспеченности рек Беларуси и гидрографическими факторами, и их логарифмическими преобразованиями

Гидрографическая характеристика	Преобразования	Бассейн реки									
		Беларусь		Зап. Двина		Неман		Днепр		Припять и Зап. Буг	
		$M_{10\%}$	$IgM_{10\%}$	$M_{10\%}$	$IgM_{10\%}$	$M_{10\%}$	$IgM_{10\%}$	$M_{10\%}$	$IgM_{10\%}$	$M_{10\%}$	$IgM_{10\%}$
Площадь водосбора, (A)	A	-0,39		-0,27		-0,44		-0,58		-0,33	
	IgA		-0,62		-0,46		-0,45		-0,85		-0,69
Средняя высота водосбора, (H_{cp})	H_{cp}	0,01		0,10		0,73		-0,14		-0,18	
	IgH_{cp}		-0,02		0,07		0,59		-0,12		-0,23
Длина реки от истока до пункта наблюдений, (L)	L	-0,43		-0,24		-0,53		-0,62		-0,38	
	IgL		-0,50		-0,17		-0,19		-0,83		-0,57
Густота речной сети, (γ_A)	γ_A	0,08		0,12		-0,10		0,05		0,02	
	$Ig\gamma_A$		0,12		0,06		0,09		-0,01		0,06
Средний уклон реки (J_p)	J_p	0,66		0,48		0,89		0,91		0,84	
	IgJ_p		0,71		0,45		0,84		0,85		0,79
Заболоченность водосбора, ($A_{заб}$)	$A_{заб}$	-0,12		-0,03		-0,23		0,04		-0,08	
	$Ig(A_{заб}+1)$		-0,18		-0,07		-0,18		-0,08		0,01
Озерность водосбора, ($A_{оз}$)	$A_{оз}$	-0,17		-0,70		-0,38		-0,69		-0,35	
	$Ig(A_{оз}+1)$		-0,23		-0,63		-0,50		-0,69		-0,44
Лесистость водосбора, ($A_{лес}$)	$A_{лес}$	0,13		-0,33		-0,19		0,31		-0,14	
	$Ig(A_{лес}+1)$		-0,00		-0,38		-0,19		0,23		-0,10
Широта створа, (φ)	φ	0,09		-0,34		0,41		-0,07		-0,22	
	$Ig\varphi$		0,23		-0,36		0,39		-0,05		0,13
Долгота створа, (λ)	λ	0,06		-0,12		0,22		-0,15		0,08	
	$Ig\lambda$		0,09		-0,08		0,21		-0,08		-0,03

Примечание: выделены статистически значимые коэффициенты корреляции

Определение максимальных расходов воды паводков. Рекомендованная методика определения максимальных расходов воды дождевых паводков в случае отсутствия данных гидрометрических наблюдений на реках предусматривает определение ряда специфических параметров (гидравлического параметра русла; коэффициента, учитывающего снижение максимального расхода воды проточными озерами и др.), определение которых вызывает трудности. Нами разработана методика, позволяющая определять максимальные модули стока дождевых паводков с использованием гидрографических характеристик водосборов рек, которая на стадии предварительных и оценочных расчетов дает приемлемые результаты. Подробно методика изложена в [2].

Для того, чтобы использовать величины максимальных расходов воды паводков для обобщения, необходимо сделать их сравнимыми и привести к одной обеспеченности. С этой целью для каждого створа с помощью программного комплекса Гидролог [1] были определены максимальные расходы воды дождевых паводков 10 %-й обеспеченности, принятой за основную, которые были представлены в виде модулей стока (в $m^3/(c \cdot km^2)$). Выбор данной расчетной обеспеченности обусловлен нормативными документами, поскольку большинство гидротехнических сооружений рассчитывается на расход дождевых паводков 10 %-й обеспеченности.

В качестве предполагаемых гидрографических факторов рассматривались следующие: A – площадь водосбора, km^2 ; H_{cp} – средняя высота водосбора, m ; L – длина реки от истока до пункта наблюдений, km ; γ_A – густота речной сети, km/km^2 ; J_p – средний уклон реки, $\%$; $A_{заб}$ – заболоченность водосбора, $\%$; $A_{оз}$ – озерность водосбора, $\%$; $A_{лес}$ – лесистость водосбора, $\%$. Помимо гидрографических факторов, рассматривались и географические координаты центров тяжести водосборов: φ – широта, km ; λ – долгота, km .

С целью выявления статистически значимых факторов в формировании максимальных модулей стока дождевых паводков 10 %-й обеспеченности на реках Беларуси проведен корреляционный анализ. В связи с разнородностью условий формирования паводков по территории страны анализ степени влияния рассматриваемых факторов выполнен также и в пределах отдельных крупных речных бассейнов: Западной Двины, Немана, Днепра, Припяти и Западного Буга. Для повышения значимости рассматриваемых факторов корреляционный анализ проведен и для логарифмического преобразования максимальных модулей стока 10 %-й обеспеченности и гидрографических факторов. Фрагмент корреляционной матрицы представлен в таблице 1.

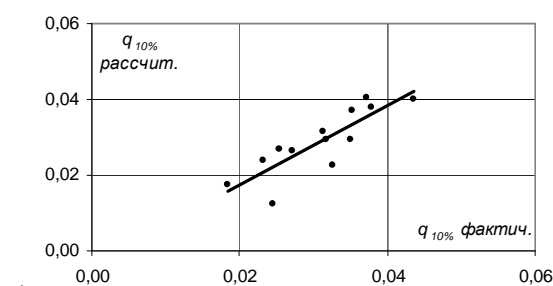
Таким образом, статистически значимыми факторами для рек Беларуси в целом являются средний уклон реки, площадь водосбора и длина реки от истока до пункта наблюдений. Для бассейнов крупных рек значимость тех или иных факторов в формировании максимальных модулей стока паводков отличается.

В результате проведения регрессионного анализа получены математические модели, позволяющие определять максимальные модули стока дождевых паводков 10 %-й обеспеченности рек Беларуси ($m^3/(c \cdot km^2)$). Наиболее эффективные уравнения представлены в таблице 2.

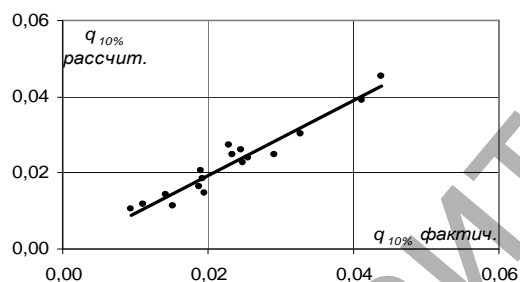
Коэффициенты множественной корреляции R в полученных моделях высоки и изменяются в пределах 0,93–0,98, несколько меньшие – в модели для рек Беларуси в целом ($R = 0,76$). Проверка уравнений путем сопоставления рассчитанных по формулам и фактических значений показала их высокую эффективность. На рисунке 1 представлены графики соотношения рассчитанных по формулам ($Q_{10\%рассчит.}$) и фактических ($Q_{10\%фактич.}$) значений максимальных модулей стока дождевых паводков 10 %-й обеспеченности рек Беларуси.

Таблица 2. Уравнения региональных моделей определения максимальных модулей стока дождевых паводков 10 %-й обеспеченности рек Беларуси

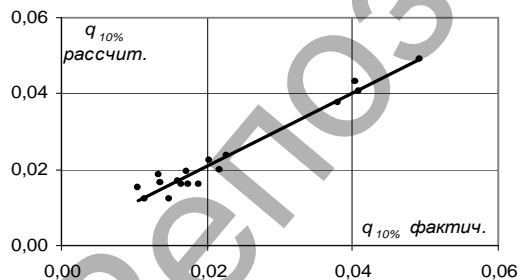
Бассейн реки	Модель	R	№ формулы
Зап. Двина	$q_{10\%} = 10^{-3} \cdot (8,74 \cdot J_p + 0,13 \cdot L - 2,81 \cdot A_{оз} - 0,002 \cdot A + 28,5)$	0,93	(7)
Неман	$q_{10\%} = 10^{-3} \cdot (6,63 \cdot J_p + 0,0005 \cdot A - 0,08 \cdot L - 0,55 \cdot A_{оз} + 26,1)$	0,97	(8)
Днепр	$q_{10\%} = 10^{-3} \cdot (30,1 \cdot J_p + 1,64 \cdot A_{заб} + 0,29 \cdot H_{cp} - 7,55 \cdot A_{оз} - 48,5)$	0,98	(9)
Припять и Зап. Буг	$q_{10\%} = \frac{10^{3,57} \cdot J_p^{0,38}}{H_{cp}^{1,94} \cdot A^{0,15} \cdot (A_{оз} + 1)^{0,43} \cdot (\varphi - 50)^{0,72}}$	0,95	(10)
Беларусь в целом	$q_{10\%} = \frac{0,057 \cdot J_p^{0,37} \cdot L^{0,16}}{A^{0,18}}$	0,76	(11)



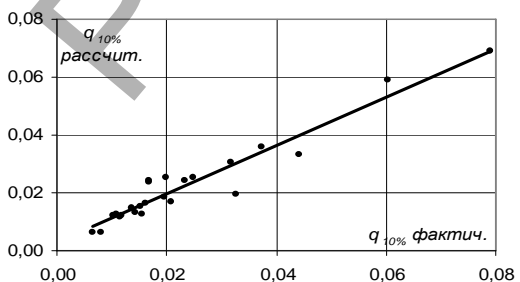
а)



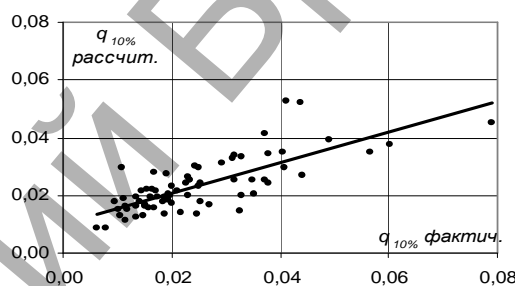
б)



в)



г)



д)

Рис. 1. Графики соотношения рассчитанных и фактических значений максимальных модулей стока паводков для бассейнов рек: а) Зап. Двины; б) Немана; в) Днепра; г) Припяти и Зап. Буга; д) Беларуси в целом

Для определения максимального модуля стока паводка другой расчетной обеспеченности (P, %), используется соотношение $q_P = \lambda'_P \cdot q_{10\%}$, в котором величина максимального модуля стока обеспеченностью 10 % ($q_{10\%}$) определяется по соответствующим моделям (таблица 2), λ'_P – коэффициент перехода к максимальному модулю стока другой обеспеченности, принимаемый по таблице 3.

Таблица 3. Коэффициенты перехода λ'_P максимальных модулей стока дождевых паводков от 10 %-й к другим обеспеченностям

Бассейн реки	1 %	5 %	10 %	20 %	25 %
Зап. Двина	1,88	1,35	1	0,66	0,60
Неман	2,04	1,30	1	0,76	0,70
Днепр	2,74	1,52	1	0,74	0,65
Припять и Зап. Буг	2,10	1,33	1	0,69	0,60
Беларусь в целом	2,16	1,39	1	0,72	0,65

Таким образом, полученные модели позволяют определять максимальные модули стока дождевых паводков требуемой обеспеченности в зависимости от основных гидрографических характеристик водосборов рек.

Определение слоя стока за паводок. Второй задачей при построении гидрографов дождевых паводков в случае отсутствия гидрометрических наблюдений на реках является определение слоя дождевого паводочного стока расчетной обеспеченности (h_p).

Слой стока за паводок h (мм) рассчитывался по формуле:

$$h = \frac{W}{1000 \cdot A}, \quad (12)$$

где A – площадь водосбора, км²; W – объем стока за весь паводок (м³), который определялся путем суммирования средних суточных расходов воды Q_T , начиная с первого дня подъема паводка T_H и заканчивая датой конца паводка T_K включительно:

$$W = 86400 \cdot \sum_{T_H}^{T_K} Q_T. \quad (13)$$

При этом расходы воды, соответствующие датам начала паводка T_H и конца T_K , включались в объем в половинном размере.

Полученные слои стока за паводки ранжировались. Используя трехпараметрическое гамма-распределение, рассчитывались значения слоев стока за паводок 1, 5, 10 и 25 %-х обеспеченностей.

Слои стока за паводок 10 %-й обеспеченности были картографированы с использованием координат центров тяжести водосборов исследуемых рек (рис. 2). Для определения слоев стока за паводок другой расчетной обеспеченности получены коэффициенты λ''_P , представленные в таблице 4.

Таким образом, расчетный слой дождевого паводочного стока (h_P) требуемой обеспеченности (P , %) рассчитывается по соотношению $h_P = \lambda''_P \cdot h_{10\%}$, в котором величина слоя стока за паводок обеспеченностью 10 % ($h_{10\%}$) определяется по карте (рис. 2), λ''_P – коэффициент перехода к слою стока другой обеспеченности, принимаемый по таблице 4.

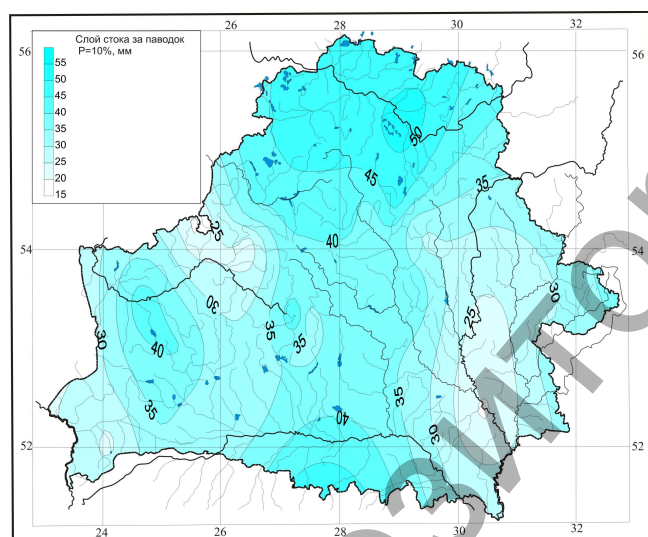


Рис. 2. Карта слоя стока за паводок 10 %-й обеспеченности рек Беларуси

Анализ карты показывает, что наибольшие значения слоя стока за паводок характерны для рек в северной части Беларуси – в среднем 45–50 мм, несколько меньшие – на крайнем юге. Самые малые показатели слоя стока отмечаются на востоке и крайнем юго-западе страны – около 25–30 мм. На остальных реках страны средние значения слоя стока за паводок составляют 35–40 мм.

Таблица 4. Коэффициенты перехода λ''_P слоя стока дождевых паводков от 10 %-й к другим обеспеченностям

Переходный коэффициент λ''_P при обеспеченности P , %, равной				
1%	5%	10%	20%	25%
2,03	1,28	1	0,71	0,65

В связи с тем, что параметры максимальных расходов воды паводков и соответствующие им слои стока не совпадают, в формулу по определению продолжительности подъема паводка (6) введен

коэффициент μ , значения которого определяются по таблице 5. Тогда формула (6) примет вид:

$$t_n = \frac{0,0116 \cdot \lambda \cdot h_P \cdot \mu_{10\%}}{q_P}, \quad (14)$$

где $\mu_{10\%}$ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока за паводок и максимальных расходов воды.

Таблица 5. Значения коэффициента μ , учитывающего неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов воды дождевых паводков

Бассейн реки	Значение коэффициента μ при обеспеченности P , %, равной				
	1	5	10	20	25
Зап. Двина, Неман, Зап. Буг	1,0	0,98	0,95	0,89	0,86
Днепр и Припять	1,0	0,97	0,94	0,87	0,83

Таким образом, для определения слоя дождевого паводочного стока 10 %-й обеспеченности построена карта, позволяющая определять величину слоя стока за паводок без привлечения рек-аналогов и рассчитаны коэффициенты перехода от 10 %-й к другим расчетным обеспеченностям.

Коэффициенты несимметричности формы паводка. Третьей задачей при построении гидрографов дождевых паводков является расчет коэффициента формы гидрографа λ , который определяется в зависимости от коэффициента несимметричности K_S .

В [3] коэффициенты несимметричности (K_S) рекомендуется принимать по рекам-аналогам; при их отсутствии допускается (K_S) принимать равным 0,30. Однако в силу различий в условиях формирования и особенностях прохождения дождевых паводков на разных реках страны и для повышения точности результатов построения были рассчитаны средние коэффициенты несимметричности гидрографов дождевых паводков рек Беларуси, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6. Коэффициенты несимметричности гидрографов дождевых паводков рек Беларуси

Бассейн реки	Значения коэффициентов K_S
Зап. Двина, Неман	0,29
Днепр, левобережные притоки Припяти, Зап. Буг	0,31
Правобережные притоки Припяти	0,33

Исходя из представленных в таблице значений коэффициентов несимметричности по приложению Б, таблица Б.10 [3], определяются координаты расчетного гидрографа.

Построение гидрографов дождевых паводков. Построение гидрографов дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений выполняется по следующему алгоритму:

1. По карте определяется местоположение изучаемой реки и площадь водосбора в замыкающем створе, а также гидрографические характеристики.
2. Рассчитывается максимальный модуль стока дождевого паводка 10 %-й обеспеченности с использованием гидрографических характеристик водосбора.
3. Осуществляется переход к максимальному модулю стока требуемой расчетной обеспеченности с помощью коэффициента λ'_P (таблица 3).
4. Определяется слой стока за паводок 10 %-й обеспеченности по карте (рис. 1).
5. Осуществляется переход от слоя стока 10 %-й обеспеченности к требуемой расчетной обеспеченности с помощью коэффициента λ''_P (таблица 4).
6. Находится коэффициент несимметричности гидрографа дождевого паводка K_S (таблица 6).

7. В зависимости от коэффициента несимметричности гидрографа K_s по приложению Б, таблица Б.10 [3] определяются относительные абсциссы x и ординаты y расчетного гидрографа.

8. Определяется коэффициент μ , учитывающий неравенство параметров слоя стока и максимальных расходов воды дождевых паводков (таблица 5).

9. Рассчитывается продолжительность подъема дождевого паводка t_r по формуле (14) и максимальный средний суточный расход воды дождевого паводка Q .

10. По формулам (4) и (5) рассчитываются абсциссы и ординаты расчетного гидрографа.

11. По полученным значениям строится гидрограф дождевого паводка.

Пример расчета. Требуется построить гидрограф дождевого паводка обеспеченностью 25 % р. Полота у д. Янково. Характеристики водосбора следующие: $A = 618 \text{ км}^2$, $L = 77 \text{ км}$, $J_p = 0,39 \text{ ‰}$; $A_{оз} = 4 \text{ ‰}$.

Поскольку р. Полота – приток р. Западная Двина, максимальный модуль стока паводка 10 %-й обеспеченности рассчитываем по уравнению (7): $q_{10\%} = 10^{-3} \cdot (8,74 \cdot 0,39 + 0,13 \cdot 77 - 2,81 \cdot 4 - 0,002 \cdot 618 + 28,5) = 0,029 \text{ (м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2\text{)}$. Осуществляем переход к максимальному модулю стока 25 %-й обеспеченности: $q_{25\%} = 0,029 \cdot 0,6 = 0,017 \text{ (м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2\text{)}$.

По карте (рис. 1) определяем слой стока за паводок 10 %-й обеспеченности $h_{10\%} = 45 \text{ мм}$. Осуществляем переход к слою стока 25 %-й обеспеченности: $h_{25\%} = 45 \cdot 0,65 = 29,3 \text{ мм}$.

По таблице 6 определяем коэффициент несимметричности гидрографа $K_s = 0,29$, в зависимости от которого принимаем $\lambda = 0,6$. По формуле (14) рассчитываем продолжительность подъема дождевого паводка $t_r = \frac{0,0116 \cdot 0,6 \cdot 29,3 \cdot 0,86}{0,017} = 10,3 \text{ (сут.)}$.

Абсциссы и ординаты гидрографа рассчитываем по формулам (4) и (5). При этом $Q_{25\%} = 0,017 \cdot 618 = 10,5 \text{ м}^3/\text{с}$. По полученным значениям строим гидрограф дождевого паводка (рис. 3).

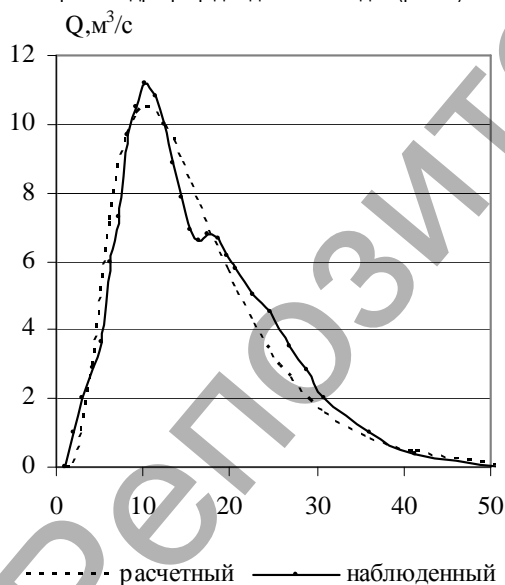


Рис. 3. Гидрограф дождевого паводка р. Полота – д. Янково

Сопоставление построенного гидрографа дождевого паводка р. Полота – д. Янково с наблюдаемым показывает их удовлетворительное соответствие. Аналогично были построены гидрографы дождевых паводков различной обеспеченности по другим рекам Беларуси, которые затем сравнивались с наблюдаемыми. Таким образом, рассчитанные по предлагаемой методике гидрографы соответствуют наблюдаемым и могут быть использованы при решении ряда практических задач.

Заключение. Выполненные исследования позволили усовершенствовать существующую методику построения гидрографов дождевых паводков рек Беларуси при отсутствии данных гидрометрических наблюдений на реках, не прибегая к использованию реканалогов. Были уточнены и упрощены некоторые вычисления, повышена достоверность определения характеристик паводочного стока, использованы последние данные гидрометрических наблюдений за паводками (до 2010 г.). При этом для определения максимальных модулей стока дождевых паводков разработаны региональные математические модели, позволяющие определять максимальные модули стока паводков с использованием гидрографических характеристик водосборов. Для определения слоя стока за паводок 10 %-й обеспеченности построена карта (с учетом наблюдений последних лет). Рассчитаны коэффициенты перехода к другим расчетным обеспеченностям. Предложена таблица коэффициентов несимметричности формы паводков, необходимых для определения абсциссы и ординаты расчетного гидрографа, а также коэффициента формы гидрографа. Данная методика дает приемлемые для практики результаты и может быть использована для решения ряда научных и практических задач.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А.А. Автоматизация гидрологических расчетов / А.А. Волчек // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Труды междунар. науч.-практ. конф. по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений / Брест. политехн. институт. – Биберах-Брест–Ноттингем, 1998. – С. 55–59.
2. Волчек, А.А. Влияние гидрографических факторов на величину дождевых паводков рек Беларуси / А.А. Волчек, Т.А. Шелест // Мелиорация. – 2010. – №1 (63). – С. 36–48.
3. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250)/ А.А. Волчек, В.В. Лукша, С.И. Парфомук, Ан.А. Волчек, Н.В. Шевцов, П.П. Рутковский // Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР – Т. 5. – Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Ч. 1, 2: Основные гидрологические характеристики. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 720 с.
5. Рождественский, А.В. Современная проблема инженерных гидрологических расчетов по обобщению гидрологической информации в России / А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 7. – С. 81–95.

Материал поступил в редакцию 29.04.13

VOLCHEK A.A., SHELEST T.V. Modeling of hydrographers of rain high waters of the rivers of Belarus in the absence of these hydrometric supervision

The existing technique of creation of hydrographers of rain high waters of the rivers of Belarus in the absence of these hydrometric supervision on the rivers is improved. Some calculations are thus specified and simplified, reliability of definition of characteristics of a pavodochny drain is increased, the last data of hydrometric supervision over high waters (till 2010) are used.