

УДК 556.166

Е.Д. Гопченко, д.геогр.н., М.Е. Романчук, к.геогр.н., А.С. Харитонова, асп.
Одесский государственный экологический университет

РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ РЕК ЗАКАРПАТЬЯ

В статье обосновывается и реализуется на примере рек Закарпатья вариант расчетной методики для нормирования характеристик максимального стока дождевых паводков теплого периода года

Ключевые слова: дождевые паводки, расчетные характеристики, склоновой приток, трансформация.

Введение. Закарпатье, как известно, является одним из наиболее паводкоопасных регионов Украины. На протяжении теплого и переходных периодов здесь может формироваться по несколько паводков дождевого и смешанного (снегодождевого) происхождения. Часто они имеют катастрофический характер и наносят огромный ущерб объектам хозяйственного назначения и населению. Для обеспечения надежного и безопасного функционирования гидротехнических сооружений на реках Закарпатья, строительства (или восстановления) вдоль русловых защитных дамб необходимо прежде всего совершенствовать научно-методическую базу по нормированию характеристик максимального стока.

Современное состояние нормативной расчетной базы в области максимального стока рек Закарпатья. В настоящее время в Украине расчет максимального стока рек регламентируется нормативным документом СНиП 2.01.14-83, в котором использованы материалы наблюдений по 1975 год. Многолетний опыт использования этого документа выявил недостатки как теоретического, так и методического плана. С другой стороны, с момента выхода СНиП в свет прошло более 30 лет, что само по себе требует уточнения базовых параметров расчетной схемы. Применительно к расчету максимального стока дождевых паводков рекомендуется два типа формул [1]:

а) предельной интенсивности (при $F < 200 \text{ км}^2$)

$$q_p = A_{1\%} H_c \eta \lambda_p, \quad (1)$$

где q_p - максимальный модуль стока расчетной обеспеченности P , %;

H_c - суточный максимум осадков;

$A_{1\%} = 16,67 \bar{\Psi}(\tau)$ - ординаты редукционных кривых средней интенсивности дождевых осадков за расчетный интервал времени τ

$$\tau = 1,2 t_p^{1,1} + t_{ск}, \quad (2)$$

t_p - время руслового добега;

$t_{ск}$ - время склонового добега;

η - коэффициент паводочного стока;

λ_p - коэффициент обеспеченности;

б) редуцированная структура (при $F > 200 \text{ км}^2$)

$$q_p = q_{200} \left(\frac{200}{F} \right)^{n_1} \lambda_p, \quad (3)$$

где q_{200} - максимальный модуль стока, приведенный к площади $F=200 \text{ км}^2$.

Относительно структуры формулы (1) следует сказать, что она не соответствует описанию природы трансформации «осадки-склоновый приток-русловый сток».

Картирование же параметра q_{200} в формуле (3) методически не обоснованно, поскольку в таком виде он предоставляет собой модуль склонового притока q'_m , приведенного к площади $F=200 \text{ км}^2$. Следуя геометрической модели одномодального паводка [2],

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}. \quad (4)$$

Модуль склонового притока q'_m описывается уравнением

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m, \quad (5)$$

где $\frac{n+1}{n}$ - коэффициент временной неравномерности склонового притока в русловую сеть;

T_0 - продолжительность склонового притока;

Y_m - слой стока за паводок.

Параметр $\frac{n+1}{n}$ на региональном уровне более или менее устойчив, тогда как T_0 и Y_m могут изменяться в весьма широких пределах, причем каждый из них имеет свои особенности пространственного распределения. Поэтому картированию подлежит не q'_m и не q_{200} , а составляющие склонового модуля - Y_m и T_0 .

Предлагаемая методика для нормирования характеристик максимального стока рек Закарпатья. Чтобы сохранить преемственность, авторами, как и в нормативном документе СНиП 2.01.14-83, исходная модель опирается на одномодальный гидрограф паводка. Тогда, согласно [2],

$$q_m = \frac{q'_m}{1 + t_p / T_0} k_n k_m, \quad (6)$$

где t_p - время руслового добегания;

$k_n = \frac{T_0 + t_p}{T_n}$ - коэффициент, обусловленный русло - пойменным регулированием паводков;

$k_m = \frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n}$ - коэффициент, определяемый формой руслового $\left(\frac{m+1}{m}\right)$ и склонового $\left(\frac{n+1}{n}\right)$ гидрографов.

Опираясь на (5), уравнение (6) можно записать в виде

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{1 + t_p / T_0} k_n k_m. \quad (7)$$

В [2] показано, что если в пределах какой-либо территории осреднить T_0 , то все редукционные коэффициенты $\left(\frac{1}{1 + t_p / T_0}, k_n \text{ и } k_m\right)$ можно интегрально описать, используя в качестве аргумента площадь водосбора, т.е.

$$\frac{k_n k_m}{1 + t_p / T_0} = f(F) = \frac{1}{(F + 1)^{n_1}}, \quad (8)$$

тогда

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^{n_1}}. \quad (9)$$

Формула (9) широко используется в практике нормирования характеристик максимального стока весеннего половодья. Она же принята и в СНиП 2.01.14-83. Авторами предлагается унифицировать современную нормативную базу, положив в ее основу, независимо от природы экстремальных расходов воды на реках, структуру (9).

Объекты и материалы исследования. При реализации (9) использованы данные по максимальному стоку рек Закарпатья на 43 гидрологических постах с периодами наблюдений по 2000 г. и площадями водосборов от 25.4 (р. Студеный – с. Нижний Студеный) до 9140 км² (р. Тиса – пгт Вилок). В пределах рассматриваемой территории пункты измерения стока рек размещены более или менее равномерно, диапазон высот от 300 (р. Стара – с. Знацево) до 1200 м (р. Белая Тиса – с. Луга), залесенность водосборов – от 17 (р. Студеный – с. Нижний Студеный) до 89% (р. Красна – с. Красна).

Статистическая обработка временных рядов максимальных расходов воды и слоев паводочного стока производилась при помощи методов моментов и наибольшего правдоподобия. В целом коэффициенты вариации C_v достаточно высоки – до 1.2 для рядов слоев стока и 1.12 – для рядов максимальных расходов воды. Несколько различаются и соотношения C_s / C_v - от 3.0 (для слоев стока) до 3.5 (для максимальных расходов воды). Слои паводочного стока расчетной обеспеченности ($P = 1\%$) $Y_{1\%}$ изменяется в регионе от 88 (р. Уж – г. Ужгород) до 294 мм (р. Шопурка – с. Кобылецкая Поляна). Установлено, что $Y_{1\%}$ увеличивается с высотой, причем

$$Y_{1\%} = 0,16(H - 1000) + (Y_{1\%})_{H=1000}, \quad r = 0,67, \quad (10)$$

где H - средняя высота водосборов;

$(Y_{1\%})_{H=1000}$ - значение расчетного слоя стока, приведенного к условной высоте $H=1000$ м.

В расчетном варианте $(Y_{1\%})_{H=1000}$ картирован (рис.1).

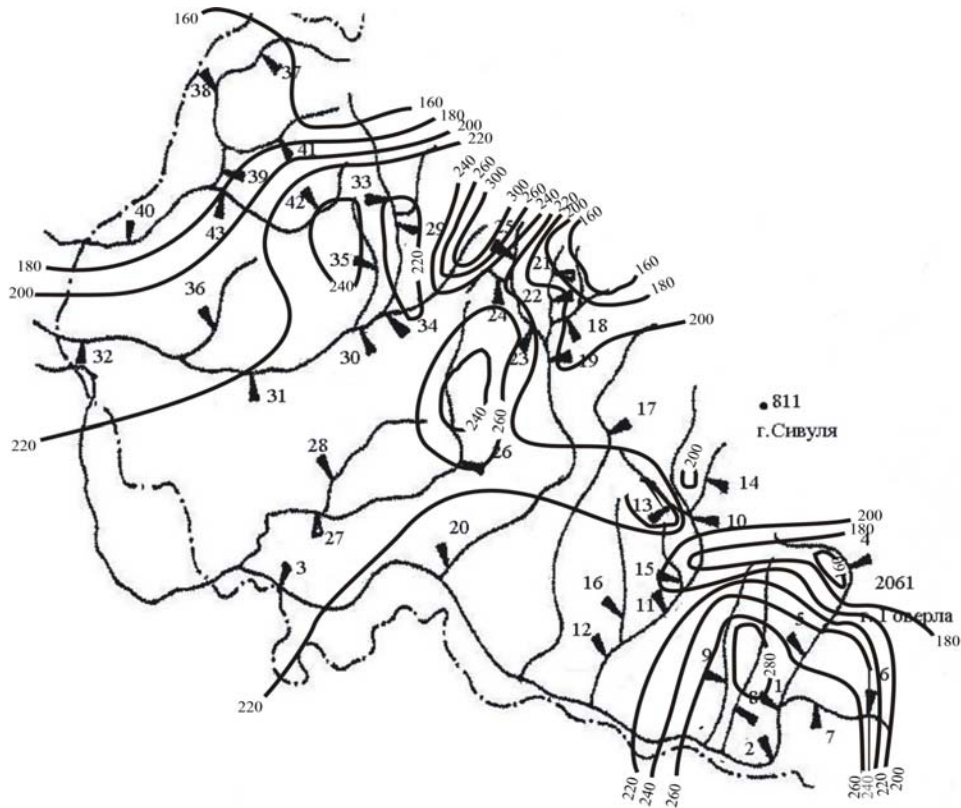


Рис. 1 – Карта-схема приведенного слоя стока $(Y_{1\%})_{H=1000}$.

Изолинии проведены через 20 мм. Распределение по территории приведенных слоев стока имеет довольно сложный характер. Значения $(Y_{1\%})_{H=1000}$ изменяются в пределах от 160 мм (верховья рек Рика, Черная Тиса, Уж) до 300 мм (верховье р.Латорица). На карте наблюдаются замкнутые изолинии, которые отнесены к максимальным значениям и отвечают наиболее высоким точкам местности. Например, замкнутая изолиния 280 мм в бассейне р.Косовская приурочена к высотам хребта Свядовец, северо-западнее в районе гор Грофа (1748 м) и Сивуля (1818 м) $Y_{1\%}$ составляют 200 и 240 мм, на запад замкнутые изолинии $Y_{1\%}=260$ мм расположены в районе г.Стий (1681 м), изолинии со значениями от 160 до 300 мм на севере описываемого района приурочены к водораздельному хребту, также две замкнутые изолинии со значениями $Y_{1\%}$ 220 и 240 мм проведены в районе г.Полонина Руна (1479 мм).

Параметры n_1 и k_0 были установлены графическим путем в результате построения в логарифмических координатах в логарифмических координатах зависимости $lg \frac{q_{1\%}}{Y_{1\%}} = f [lg(F + 1)]$.

С учетом полученных $n = 0,18$ и $k_0 = 0,015$ исходная формула (9) примет

расчетный вид

$$q_{1\%} = \frac{0,015Y_{1\%}}{(F+1)^{0,18}}. \quad (11)$$

Проверочные расчеты по региональной формуле (11) показали, что среднее отклонение вычисленных по ней значений $q_{1\%}$ от исходных величин находятся в пределах $\pm 37,6\%$, что почти в двое превышает точность положенных в ее основу данных ($\sigma q_{1\%} = 15,8\%$).

Уточнение расчетной методики осуществлено путем пространственного обобщения коэффициентов склоновой трансформации паводков

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}. \quad (12)$$

Они были вычислены обратным расчетом из (9) при $q_{1\%}$ и $Y_{1\%}$, а $n_1=0,18$. Как показал анализ, в отличие от $Y_{1\%}$, параметр k_0 от высотного положения водосборов практически не зависит, обнаруживая лишь некоторую тенденцию к его уменьшению с высотой. Это обстоятельство является основанием для последующего картирования k_0 (рис.2).

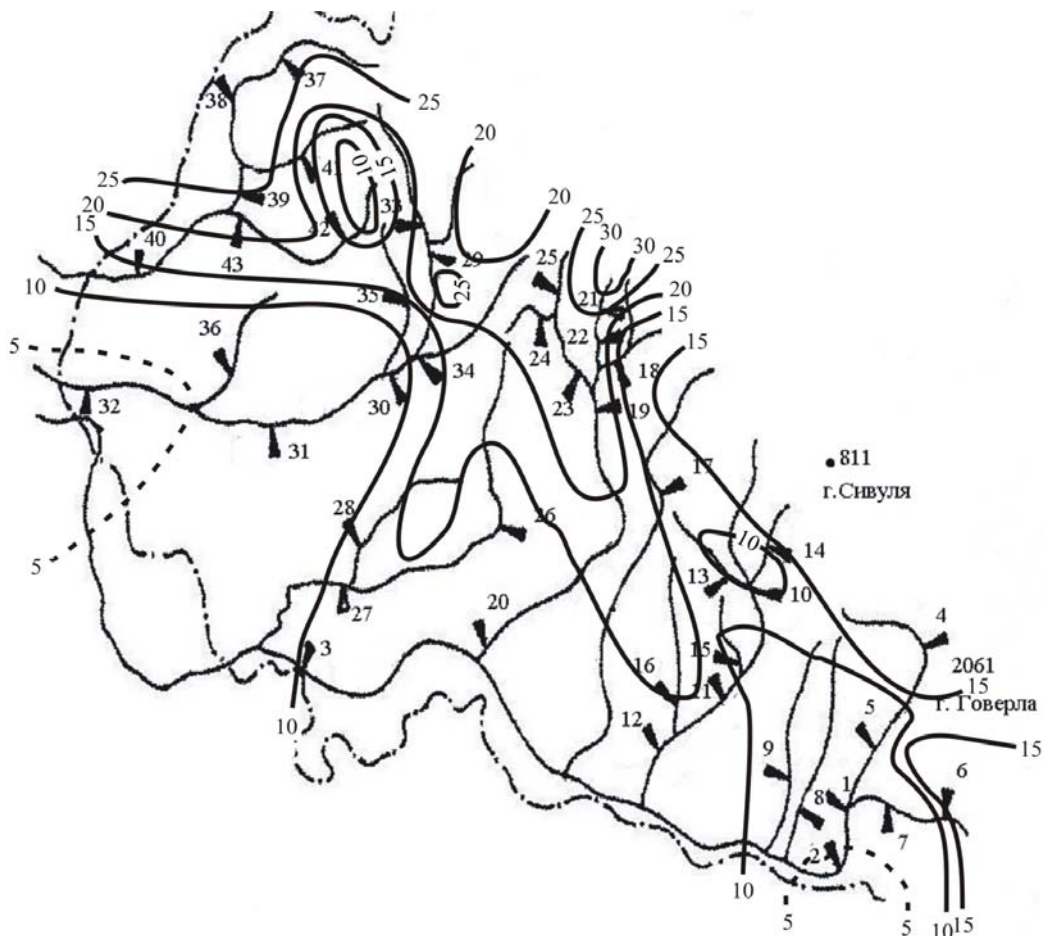


Рис. 2 – Карта-схема коэффициента дружности k_0 .

При проведении изолиний был выбран шаг $5 \cdot 10^{-3}$. В целом значения k_0 уменьшаются с северо-востока на юго-запад. Зона пониженных величин коэффициента трансформации (изолинии со значениями $k_0 \leq 10 \cdot 10^{-3}$) приурочена к Закарпатской низменности. В направлении на северо-запад k_0 повышаются до $15 \cdot 10^{-3}$ (в районе межгорья, образованного Полонинским и Водораздельным хребтами). В пределах Средневерецкого перевала значения k_0 изменяются от $15 \cdot 10^{-3}$ до $30 \cdot 10^{-3}$. Области повышенной склоновой трансформации паводков (с замкнутыми изолиниями $k_0 = 10 \cdot 10^{-3}$) приурочены к водораздельному хребту и районам гор Грофа (Н=1748 м) и Сивуля (Н=1818 м). Точность расчетной методики (при наличии карт $Y_{1\%}$ и k_0) оценивается нами на уровне 15,8%, т.е. соответствует точности исходной информации по максимальному стоку дождевых паводков на реках Закарпатья.

Выводы. Предлагаемая теоретическая база для расчета характеристик паводочного стока рек Закарпатья является вариантом унификации научно-методических подходов в области нормирования максимального стока как паводков, так и половодий. В методическом отношении показано, что параметр q_{200} нормативного документа СНиП 2.01.14-83, как и сам модуль склонового притока q'_m не подлежат пространственному обобщению в их интегральном виде, а должны рассматриваться и обобщаться отдельно, т.е. по их составляющим.

Предложенная расчетная методика рекомендуется для практического использования.

Список литературы

1. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* - Л.: Гидрометеиздат, -1984. - 448 с.
2. *Гопченко Е.Д., Гушля О.В. Гідрологія з основами водних меліорацій.* – Київ, 1994. - 295 с.

Розрахунок максимального стоку дощових паводків річок Закарпаття.

Гопченко Е.Д., Романчук М.Е., Харитонова А.С.

У статті обґрунтовується та реалізується на прикладі річок Закарпаття варіант розрахункової методики для нормування характеристик максимального стоку дощових паводків теплої періоду року.

Ключові слова: дощові паводки, розрахункові характеристики, схиловий приплив, трансформація.

The calculation of maximal runoff of rain flood of Zaccarpathia rivers.

Gopchenko E.D., Romanchuk M.E., Kharitonova A.S.

In the article it is being proved and implemented the alternative calculation method for the normalizing of the characteristics of the maximal river runoff of rain flood of the warm period of the year by the example of Zaccarpathia rivers.

Keywords: floods, calculation description, slope influx, transformation.