

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РУСЛОВОГО ДОБЕГАНИЯ ВЕСЕННЕГО СТОКА НА РЕКАХ ПОДОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Бирюков А.В.

В статье изложены методические подходы к определению параметров формулы скорости руслового добегания, приводятся результаты расчетов их проверка и анализ.

Ключевые слова: гидрографическая сеть расход воды, площадь живого сечения, время добегания, скорости руслового добегания.

ВВЕДЕНИЕ Скорость и время добегания талых вод для речных бассейнов являются основным фактором, определяющими трансформацию графика притока в гидрограф стока. В связи с этим исследователи на протяжении всего периода развития гидрологической науки уделяли этому вопросу большое внимание.

В большинстве ранее опубликованных вариантах формул расчета скоростей добегания, не учитываются особенности строения гидрографической сети, а в тех редких случаях, когда такая оценка выполняется, ее учет ведется путем введения не прямых показателей. Это соотношение ширины водосбора, глубин потока, при разной степени наполнения русел и другие показатели [1,2,6]. Факт того, что гидрографическая сеть влияет на скорость добегания волн весенних половодий является очевидным и не вызывает ни у кого сомнений. Спорным вопросом, есть степень ее влияния на этот процесс, то как его оценивать и по каким критериям.

Полученные количественные характеристики иерархического положения каждого из притоков в общей древовидной структуре гидрографической сети. Исходя, из этого возникла практическая возможность включить результаты этих исследований в поиск оптимальной структуры формулы, которая описывает процесс движения волн весенних половодий.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ решение одной из наиболее сложных задач географической науки – исследование параметров высоких половодий с целью их реализации, новый вариант формулы по расчету скоростей добегания волн половодий с учетом гидрографических факторов и показателей подстилающей поверхности.

2. АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЕ И ПУБЛИКАЦИЙ. Исследование скорости руслового добегания по длине реки важно, прежде всего, для неизученных рек. Как известно существующие многочисленные формулы расчетов максимальных расходов делятся на три основные группы: эмпирические полумпирические, объемные.

Исходя из этого Р.А. Нежиховским [6] была предложена классификация всех формул в четыре группы. К первой относятся формулы М. М. Протодьяконова [6], Г. А. Алексеева [1], в которых форма поперечного сечения реки принимается в виде треугольника. Вторую группу составили формулы, предложенные А. М. Бефани [2], М. В. Лалыкиним [5], О. Г. Иваненком [7], в которых скоростной коэффициент рассчитывается в зависимости от площади водосбора, характера пойм и ее размеров.

К третьей группе отнесена формула Д. Л. Соколовского [6], в которой средняя скорость потока определяется в зависимости от средней глубины потока и уклона русла реки, а также формула М. М. Чегодаева [6], который установил зависимость между средней скоростью потока и гидравлическим радиусом в замыкающем створе. Эти формулы ограничены в применении и могут быть использованы лишь для малых рек с четко выраженным руслом. Четвертая группа скорость добегания предлагается определять по таблицам. Так Г.Д. Дубелир [6] рекомендует назначить скорость в зависимости от рельефа бассейна.

Перемещение волны половодья по речным системам в целом и по каждой отдельной реке имеет сложную природу. Действие таких факторов, как разница в форме руслового сечения, наклоне русла, его шероховатости, в различной степени влияют на скорость добегания волн.

Как показали исследования Р.А.Нежиховского [6], в пределах точности определения гидрологических параметров, скорость добегания можно принять равной скорости течения как для реки в целом, так и для больших морфометрических однородных участков.

В основу построения расчетных формул скорости добегания положена широко известная формула Шези:

$$V_o = \frac{I^x}{n_p} h_{cp}^z \quad (1)$$

где V – скорость течения; I – уклон русла; h_{cp} – средняя глубина потока; n_p – коэффициент шероховатости, который зависит от гидравлических характеристик потока и свойств русла; x и z – гидравлические показатели.

Средняя глубина потока является не стойким показателем за счет неравномерности ее по длине реки. Исходя из того что показатели всех формул усредняются по гидроморфологическим районам, прямое использование морфометрии поперечного сечения русла в формулах определения скорости добегания часто приводит к неудовлетворительным результатам. Для расчета скорости добегания по формуле Шези гидравлический радиус или глубину потока приходится выражать через другие стоковые или структурные характеристики реки, который в сочетании с уклоном водной поверхности является руслоформирующими факторами.

Наиболее широкое распространение среди существующих формул скорости добегания получили, полуэмпирические формулы, в которых расчетная скорость течения (добегания) учитывается в явном виде. В полуэмпирических формулах Г. А. Алексеева, М.М. Протодяконова, Д.Л. Соколовского, М.Ф. Срибного и проч. [6], скорость высчитывается обратным путем, тем самым она превращается в сборную характеристику, компенсируя недостатки и предположения расчетной схемы.

Допуская постоянство шероховатости русла по смоченному периметру, та непрерывность связи между наполнением русла и площадью сечения потока, в полуэмпирических формулах скорость добегания V_o рассчитывается в зависимость от максимальных расходов в замыкающем створе Q_{max} и среднего уклон реки I и в общем виде записываются как:

$$V_{\delta} = a Q_{\max}^{\alpha} I^{\beta} \quad (2)$$

где a – скоростной коэффициент; α и β – гидравлические показатели, которые определяются в зависимости от принятой формы русла и равняются:

$$\alpha = \frac{r}{r+1} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{1}{2(r+1)} \quad (4)$$

При этом $r = z \cdot r_0$, где z - коэффициент Бахметьева. В наших исследованиях принято $z = 0,75$, что рекомендовано для обычного состояния естественных русел.

Последующее обоснование вычислений скоростей руслового добегаания нашло отображение в исследованиях региональных моделей формирования весеннего стока на территории СССР А. М. Бефани, Е. Д. Гопченком [3], О. Г. Иваненком [7] Р. А. Нежиховского [6] и др.

Для обоснования скорости добегаания воды в руслах автором использована модель, предложенная А. М. Бефани.

3. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ. Первый шаг исследования начинается с составления формулы скорости течения по данным отдельных гидрометрических створов на реках Подольской возвышенности.

Поперечное сечение естественных русел описывается зависимостью глубины потока h_{\max} как эквивалент гидравлического радиуса к площади водного сечения ω , которые можно определить по формуле предложенной А.М. Бефани [2]:

$$h_{\max} = A \cdot \omega^{r_0} \quad (5)$$

В логарифмических координатах были построены графики зависимости данных параметров для рек исследуемого региона и получены уравнения регрессии, которые можно записать в общем виде:

$$lqh_{\max} = r_0 q \omega - lqA \quad (6)$$

из него рассчитаны значения коэффициента r_0 , которые изменяется по территории от 0,31 до 0,55. Для проверки рассчитано отношение $\frac{\sigma_{r_0}}{\rho_{r_0}} = 1,27$ которое отвечает

допустимому значению, близкому до 1,25, что позволяет использовать полученные величины для осреднения. После осреднения r_0 и приняв, как отмечалось выше, $z = 0,75$ получен коэффициент $r = 0,38$. Затем по формулам (3,4), были рассчитаны гидравлические показатели $\alpha = 0,28$ и $\beta = 0,36$. Таким образом, было получено уравнение (2) в виде:

$$V_{\delta} = a Q_{\max}^{0,28} I^{0,36} \quad (6)$$

С целью обобщения параметра a были проанализированы данные по 41 гидрометрическим створам на территории Подольской возвышенности. За многолетними материалами для каждого поста построены графические зависимости $V_{cp} = f(Q_m)$. Расходы воды, при которых вода выходит на пойму, называются “критическими расходами” ($Q_{кр}$), а соответствующие им скорости течения – “критическими скоростями” ($V_{кр}$). Значение $Q_{кр}$ определены с помощью точек перегибу кривых сваями расходов воды и скорости течения в створах. Зная критическую скорость, α и β для каждого поста, установлен скоростной параметр a по формуле:

$$a = \frac{V_{кр}}{Q_{кр}^{0.28} I_{кр}^{0.36}} \quad (7)$$

Значения параметра a были усреднены по исследуемой территории. Таким образом, уравнение (6) для V_o (в м/с) приобретает вид:

$$V_o = 0.31 \cdot Q_{кр}^{0.28} \cdot I_{cp}^{0.36} \quad (8)$$

При вычислении скоростей добегания V_o по формуле (8) необходимы даны о расходах воды. Это усложняет расчеты, потому что расходы воды является величиной, которая сама определяется. Поэтому расчет стока в этом случае может нуждаться решение системы двух уравнений формул максимального стока и скорости добегания путем последовательного подбора V_o .

С целью упрощения расчета V_o автором статьи внесено предложение рассчитывать величину $Q_{кр}$ по значениями коэффициента структуры речной сети K . Этот параметр отображает строение гидрографической сети речного бассейна и определяется по формуле:

$$K = 1 + \log_2 S_1 \quad (9)$$

где S_1 - число притоков первого порядка [4].

Величина S_1 является метрическим шагом топологических моделей и отображает степень сложности речной системы. Совершенно понятно, что при одинаковых условиях, структура сети будет тем сложнее, чем больше количество притоков первого порядка.

Используя географические карты масштаба М 1:100.000 для каждого водосбора выполнены расчеты величин S_1 и по формуле (5) определены значения коэффициента K .

Снятые с графика $V_{cp} = f(Q_m)$ значения $Q_{кр}$ связываться с величинами коэффициентов структуры K . На рис. 1 показана такая зависимость построенная по данным о величинах $Q_{кр}$ и K , коэффициент корреляции этого графика составил 0,89.

Таким способом рекомендуется следующий порядок подсчеты скоростей добегания для неизученных рек. По географической карте определяется величина S_1 потом по формуле (9) величина K . Далее по графику рис. 1 находят значения $Q_{кр}$ и подставляется в формулу (8).

РЕЗУЛЬТАТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ:

1. Определение параметров формулы скорости добегания по методики А.Н. Бефани
2. Предложен способ расчета скорости добегания по значениям показателя гидрографической сети K .

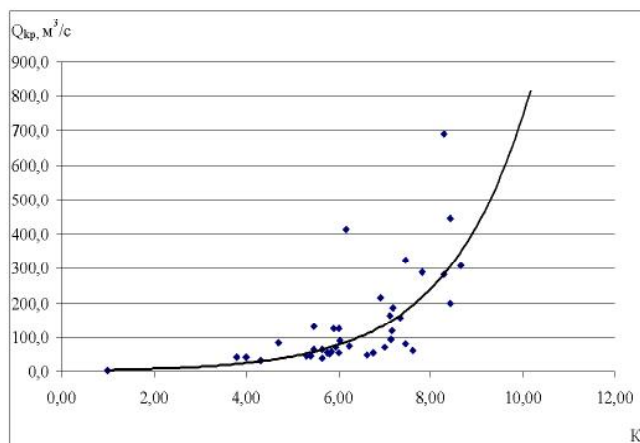


Рис 1. Зависимость величин $Q_{сп}$ от коэффициента структуры речной системы K

Список литературы

1. Алексеев Г.А. Теория и методы расчета стока поверхностных вод. Труды НИУ ГУТМС. - Вып. 1. - Серия IV. - 1941. - С.33-91.
2. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока // Труды ОГМИ, 1958. - 4.2.-Вып. 14.-305 с.
3. Бефани А.М., Бефани Н.Ф., Голченко Е.Д. Региональные модели формирования паводочного стока на территории СССР. Обзорная информация. Серия: Гидрология суши. - Обнинск: ВНИГМИ, МЦД, - 1981. -Вып. 2. - 60 с.
4. Киндик Б.В. Дослідження швидкостей добігання хвиль дощових паводків на водозборі р.Ріка /стаття/. //НПУ ім.М.П.Драгоманова. Науковий часопис. Географія і сучасність.-2 (11) 2004.-серія 4.- С.96-104.
5. Лалыкин Н.В. О расчете скоростей добегаия // Труды ОГМИ, 1958.- Вып. 15.-С.73-89.
6. Нежиховский Р.А. Руслвая сеть бассейна и процессе формирова-пия стока, - Л: Гидрометеиздат, 1971. - 476 с.
7. Иваненко А.Г. Исследование скоростей добегаия паводков на реках Закарпатской области // Труды ОГМИ, 1961. - Вып. 24. - С. 52-59.

Бірюков О.В. Дослідження швидкості руслового добігання весняного стоку на річках подільської піднесеності

У статті викладені методичні підходи до визначення параметрів формули швидкості руслового добігання, наводяться результати розрахунків їх перевірка і аналіз.

Ключові слова: мережа гідрографії витрата води, площа живого перетину, час добігання, швидкості руслового добігання.

Biryukov A. Research of speed of the river-bed running to of spring flow on the rivers of Podol'skoy sublimity

In the article the methodical going is expounded near determination of parameters of formula of speed of the river-bed running to, results over of calculations are brought their verification and analysis.

Keywords: a hydrographical network is a rate-of-flow, area of living section, time of running to, speeds of the river-bed running to.

Статья поступила в редакцию 25.07.2008 г