

## ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ В МЕЛИОРАТИВНОЙ ПРАКТИКЕ

Мешик О.П., Зубрицкая Т.Е., Снитко Ю.О.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, mor@bstu.by

*This article examines the modern problems of hydrological calculations for land melioration.*

### Введение

Проектирование параметров мелиоративных систем и сооружений в Республике Беларусь регламентируется рядом нормативно-технических документов. В частности, для осушительных систем с площадью водосбора до 2,0 тыс. га расчетными расходами воды являются [1]: весеннее половодье обеспеченностью  $P=10\%$ ; дождевые паводки –  $P=10\%$ ; предпосевной –  $P=10\%$ ; среднемеженный –  $P=50\%$ . При площади водосбора 2,0 тыс. га и более в качестве расчетного принимается расход воды весеннего половодья  $P=25\%$ . При проектировании гидротехнических сооружений, в зависимости от их класса капитальности и расчетного случая (основной и поверочный), принимаемые обеспеченности расчетных расходов воды составляют  $P=0,01; 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 10\%$ . Существующая сеть гидрологического мониторинга в Республике Беларусь не в полном объеме обеспечивает потребности водохозяйственной отрасли, прежде всего проектирование мероприятий по реконструкции и строительству мелиоративных систем, расположенных на водосборах малых рек. В этой связи определение расчетных гидрологических характеристик осуществляется для случая отсутствия данных гидрометрических наблюдений. Объектами исследования в работе являются гидрографические характеристики водосборов малых рек Беларуси, расходы воды и модули стока расчетных расходов.

### Основная часть

Многими авторами объективно отмечаются сложности проведения гидрологических расчетов, связанные с нормативно-методической базой и неопределенностью отдельных параметров, используемых в физико-математических расчетных моделях [2 и др]. В Республике Беларусь основными нормативно-техническими документами, регламентирующими определение расчетных гидрологических характеристик, являются [3, 4].

В работе исследованы гидрографические характеристики и расчетные модули стока по 85 водосборам малых рек Беларуси. Гидрографические характеристики приняты по [5], с учетом последующих изменений и дополнений.

Согласно ТКП 45-3.04-168-2009 (02250) [3] расчетный максимальный расход воды весеннего половодья  $Q_P$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) заданной ежегодной вероятностью превышения  $P\%$  определяется по формуле

$$Q_P = \frac{K_0 \cdot h_P \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2}{(A+1)^{0.20}} \cdot A, \quad (1)$$

где  $K_0$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;  $h_p$  – расчетный слой суммарного (без срезки грунтового питания) стока, мм, ежегодной вероятностью превышения ( $P$ );  $\mu$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер;  $\delta_1, \delta_2$  – коэффициенты, учитывающие снижение максимального расхода воды, соответственно, в залесенных и заболоченных водосборах;  $A$  – площадь водосбора,  $\text{км}^2$ .

Максимальный мгновенный расход воды дождевых паводков 10%-ной обеспеченности определяется по формуле

$$Q_p = \frac{a_{10\%} \cdot \delta \cdot \lambda_p}{\Phi^{0,8}} \cdot A, \quad (2)$$

где  $a_{10\%}$  – параметр, характеризующий модуль максимального мгновенного расхода воды 10%-ной обеспеченности,  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа,  $\text{км}^2$ ;  $\lambda_p$  – переходной коэффициент от максимальных расходов воды дождевых паводков, 10%-ной вероятностью превышения, к максимальным расходам другой вероятностью превышения,  $\delta$  – коэффициент, учитывающий влияние водохранилищ, прудов и проточных озер,  $\Phi$  – морфологическая характеристика русла.

Расчетный расход среднемеженного стока  $Q_{\text{ср.меж}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяется по формуле

$$Q_{\text{ср.меж}} = \bar{q}_{\text{меж}} \cdot A, \quad (3)$$

где  $\bar{q}_{\text{меж}}$  – средний многолетний модуль среднемеженного стока,  $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$ ,  $A$  – расчетная площадь водосбора,  $\text{км}^2$ .

Согласно Пособию к СНиП 2.01.14-83 [4] расчетный расход воды предпосевного периода  $Q_p$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) заданной ежегодной вероятностью превышения  $P\%$  определяется по формуле

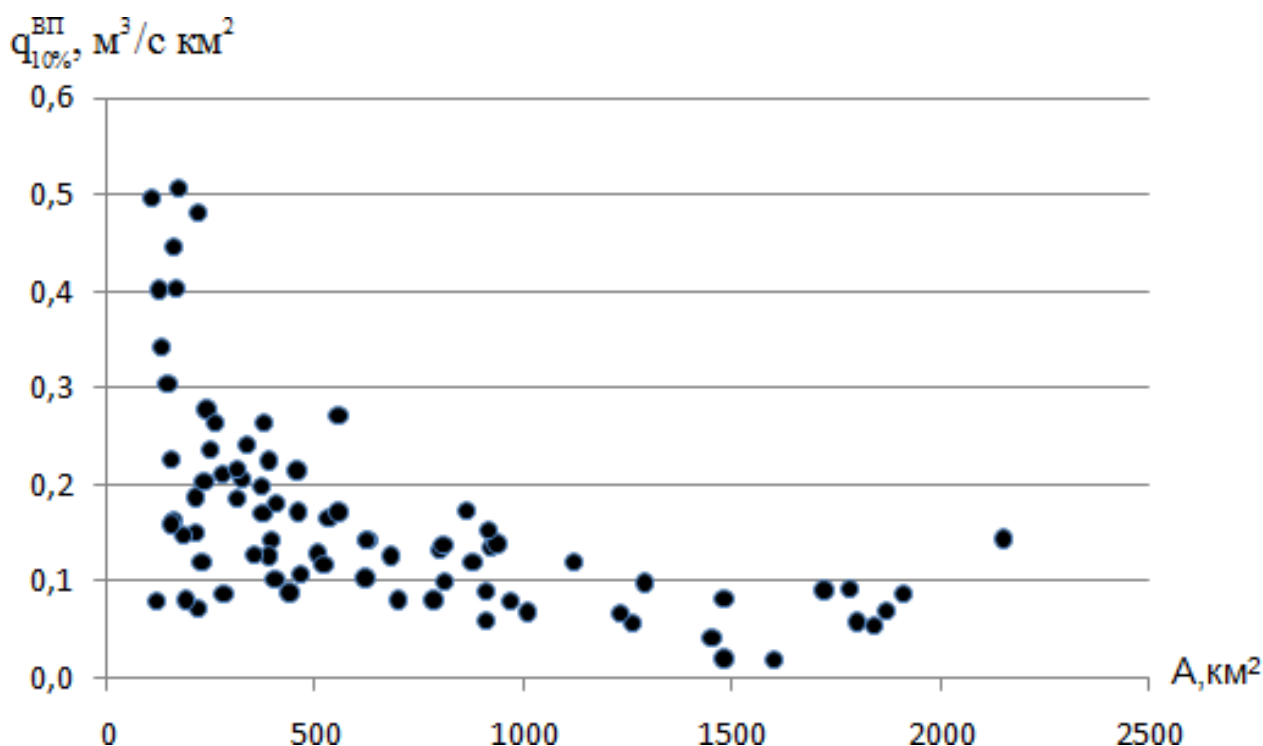
$$Q_{10\%} = A_{10\%}^m \cdot A \cdot \delta_A \cdot \delta_{(Aб+Ал)} \cdot \delta_{оз} \cdot \delta_{\Delta T} \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где  $A_{10\%}^m$  – параметр, представляющий собой модуль предпосевного стока с единицы площади водосбора,  $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;  $A$  – площадь водосбора до расчетного створа,  $\text{км}^2$ ;  $\delta_A$  – коэффициент, отражающий возрастание модуля предпосевного стока с увеличением площади водосбора;  $\delta_{(Aб+Ал)}$  – коэффициент учета влияния заболоченности и лесистости;  $\delta_{оз}$  – коэффициент учета влияния озерности;  $\delta_{\Delta T}$  – коэффициент, учитывающий неодновременность схода снега по водосбору.

Расчеты модулей стока весеннего половодья обеспеченности  $P=10\%$ , показали их значительную пространственную изменчивость (таблица 1). Наибольшие значения приходятся на северо-восток Беларуси, наименьшие – на юго-запад. Основными динамическими характеристиками, определяющими модуль стока, являются: озерность, заболоченность, залесенность. Площадь водосбора также существенно влияет на величину модуля стока (рисунок 1). При уменьшении площадей модули стока уменьшаются. Эта тенденция имеет место, как для отдельно взятых водосборов малых рек, так и для всей исследуемой территории.

**Таблица 1 – Модули стока весеннего половодья обеспеченности  $P=10\%$  по бассейнам рек Беларуси**

Бассейн реки	$q_{10\%}^{вп}, \text{ м}^3/\text{с км}^2$
Западная Двина	0,10-0,49
Днепр	0,04-0,51
Неман	0,02-0,17
Западный Буг	0,02-0,08



**Рисунок 1 – Зависимость модуля стока весеннего половодья от площади водосбора**

Необходимо отметить, что модули стока весеннего половодья не имеют четкой дифференциации, как по бассейнам рек, так и по гидрологическим районам Беларуси.

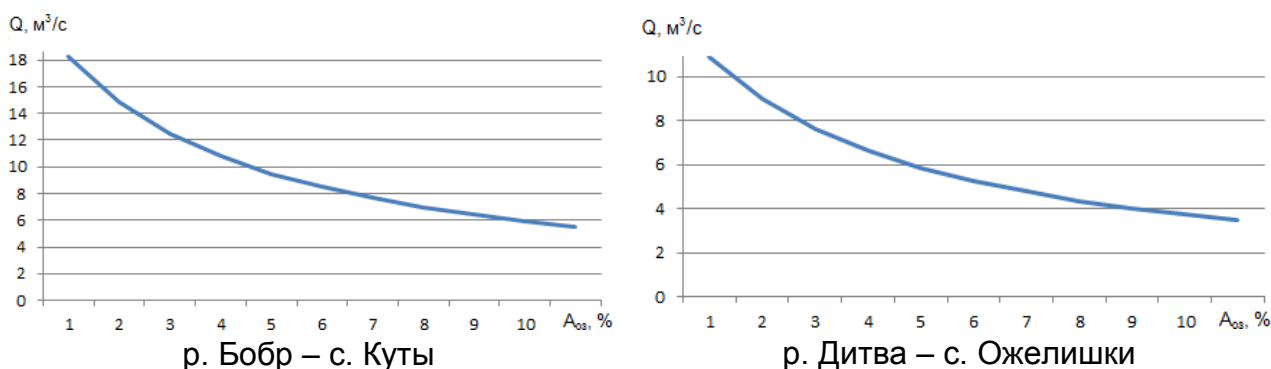
Расчитанные и представленные в таблице 1 модули стока, на наш взгляд, несколько завышены. Основные гидрографические характеристики, входящие в расчетные зависимости, определены в 60-70-80-х годах 20 века и по многим водосборам устарели. В частности, крупномасштабные мелиоративные мероприятия привели к существенному снижению площади заболоченности, увеличению озерности за счет строительства большого количества прудов и водохранилищ. По некоторым водотокам изменились площади их водосборов. Отмечается рост лесистости территории Беларуси во второй половине 20 века (около 7–8 %) [6]. Проследить динамику изменения расходов воды весеннего половодья в зависимости различных сценариев изменения озерности, заболоченности, залесенности можно на примере водосбора р. Бобр – с. Куты (таблица 2).

**Таблица 2 – Динамика расходов воды весеннего половодья обеспеченности  $P=10$  % в р. Бобр – с. Куты в зависимости от различных сценариев изменения гидрографических характеристик водосбора**

Озерность, %	↑	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Залесенность, %	↑	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Заболоченность, %	↑	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	77,8	63,5	53,2	45,5	39,4	34,6	30,7	27,5	24,8	22,5
Озерность, %	↑	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Залесенность, %	↑	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Заболоченность, %	↓	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	82,5	71,5	61,5	53,9	47,9	43,1	39,2	35,8	33,0	30,6
Озерность, %	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Залесенность, %	↓	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
Заболоченность, %	↓	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	102,4	106,2	106,7	107,2	107,8	108,3	108,9	109,5	110,1	110,7
Озерность, %	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Залесенность, %	↓	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38
Заболоченность, %	↑	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	96,6	94,4	92,4	90,5	88,7	87,0	85,5	84,0	82,6	81,3
Озерность, %	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Залесенность, %	↑	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Заболоченность, %	↓	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /с		98,9	101,5	104,3	103,9	103,4	103,0	102,6	102,2	101,8	101,4	101,0

Для большинства сценариев изменения гидрографических характеристик водосбора имеет место снижение расходов воды (таблица 2). Причем для наиболее вероятного ретроспективного сценария (увеличение озерности и залесенности, снижение заболоченности) изменение характеристик в пределах 3-4 % приводит к значительному уменьшению расходов воды (на 30-35 м<sup>3</sup>/с и более) и модулей стока, что фактически уже произошло.

Модули стока дождевых паводков обеспеченности  $P=10$  % имеют значительно меньшую пространственную изменчивость и составляют 0,01-0,09 м<sup>3</sup>/с км<sup>2</sup>. Аналогично весеннему половодью их снижению способствует увеличение озерности и, собственно, бóльшая площадь водосбора. На рисунке 2 показаны зависимости расходов воды ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с при  $P=10$  %) от озерности ( $A_{оз}$ , %).



**Рисунок 2 – Графики зависимости  $Q=f(A_{оз})$**

Практически для всех исследуемых водосборов отмечается тенденция уменьшения максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков в контексте изменения гидрографических характеристик.

Модули предпосевного стока обеспеченности  $P=10\%$  изменяются по исследуемой территории в пределах  $0,01-0,06 \text{ м}^3/\text{с км}^2$ . По отдельным водосборам они превышают соответствующие модули стока дождевых паводков.

Модули среднемеженного стока обеспеченности  $P=50\%$  находятся в пределах  $0,0015-0,0060 \text{ м}^3/\text{с км}^2$ , районированы по территории Беларуси [4] и могут использоваться в практических расчетах. Увеличение площади водосбора не влияет на величины модулей стока предпосевного и среднемеженного периодов.

### **Заключение**

1. Отсутствие современных данных о гидрографических характеристиках водосборов малых рек Беларуси предполагает проведение дополнительных гидрологических изысканий при разработке проектов мелиоративных систем.

2. Комплексное мелиоративное освоение земель привело к уменьшению заболоченности и увеличению озерности водосборов, в результате чего расчетные модули стока весеннего половодья и дождевых паводков снизились.

2. Изменения гидрографических характеристик (озерности, заболоченности, залесенности водосборов) в пределах нескольких процентов приводят к статистически значимому изменению модулей стока весеннего половодья и дождевых паводков.

3. В виду существенного влияния площади водосбора на величины модулей стока, целесообразно при районировании территории Беларуси проводить дифференцированную оценку модулей стока весеннего половодья и дождевых паводков по площадям водосборов: до  $500 \text{ км}^2$ ,  $500-1000 \text{ км}^2$ , более  $1000 \text{ км}^2$ .

### **Список литературы**

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования: ТКП 45-3.04-8-2005 (02250) – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2006.

2. Рождественский, А.В. Современная проблема инженерных гидрологических расчетов по обобщению гидрологической информации в России и пути ее решения / А.В. Рождественский, А.Г. Лобанова // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 7. – С. 81–95.

3. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения: ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2010.

4. Определение расчетных гидрологических характеристик = Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Пособие к строительным нормам и правилам: П1–98 к СНиП 2.01.14–83 // Введ. 01.08.1999. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000.

5. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг. в весь период наблюдений). – Л.: Гидрометиздат, 1978. – Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – 504 с.

6. Природная среда Беларуси / Национальная академия наук Беларуси, Институт проблем использования природных ресурсов и экологии; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: НОООО «БИП-С», 2002. – 424 с.