

ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.67

doi: 10.31774/2658-7890-2022-4-2-100-113

Обоснование орошения дополнительных площадей на местном стоке за счет автоматизации гидрологических расчетов

Таисия Сергеевна Пономаренко¹, Анна Викторовна Бреева²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹rosniipmoprvapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²ann22hp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5835-1231>

Аннотация. Цель: вовлечение в орошение земель с использованием источников местного стока за счет упрощения и автоматизации гидрологических расчетов весеннего половодья по методике при отсутствии данных наблюдений с возможностью минимального использования справочной литературы. **Материалы и методы.** Программа разработана в MS Excel и предназначена для расчета расходов водных объектов и построения расчетных гидрографов половодья при отсутствии данных гидрологических наблюдений. В качестве исходных справочных материалов использованы нормативные и методические источники. **Результаты.** Приведена структура программы, которая состоит из четырех взаимосвязанных блоков, в каждом из которых выполняются последовательные вычисления. Блок 1 содержит справочные материалы из методической литературы, которые необходимы для расчета. В блоке 2 выполняется ввод исходных данных и расчет максимальных мгновенных расходов. Блок 3 является промежуточным, так как не содержит выходных данных, а служит математической основой для дальнейшего графического построения гидрографов. Для их построения используются данные по рекам-аналогам. В блоке 4 выводятся основные расчетные данные: максимальные расходы, объемы стока и гидрографы на заданные обеспеченности. Представлены алгоритмы расчета по блокам 2 и 3 и выходные данные по блоку 4. **Выводы.** Возможность вовлечения в орошение сельскохозяйственных земель за счет резервов местного стока может быть достигнута благодаря предложенному авторами алгоритму и программе для расчетов максимальных расходов воды весеннего половодья на различные обеспеченности. Такой подход позволяет значительно сократить расчет заданных параметров за счет автоматизации процесса выбора справочных данных и повысить их точность путем исключения ошибок. Все формулы, использованные в данной разработке, соответствуют нормативно-методическим документам.

Ключевые слова: местный сток, гидрологические расчеты, обеспеченность, расход воды, уровень воды, программа

Для цитирования: Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Обоснование орошения дополнительных площадей на местном стоке за счет автоматизации гидрологических расчетов // Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4, № 2. С. 100–113. <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-2-100-113>.

HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

Substantiation of irrigating additional areas at the local runoff due to the hydrologic computation automating

Taisiya S. Ponomarenko¹, Anna V. Breeva²

^{1,2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹rosniipmovpvapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²ann22hp@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5835-1231>

Abstract. Purpose: involvement of lands in irrigation using local runoff sources by simplifying and automating hydrological computations of spring floods according to the methodology in the absence of observational data with the possibility of minimal use of reference literature. **Materials and methods.** The program was developed in MS Excel and is designed to calculate the water body flow rates and build estimated flood hydrographs in the absence of hydrological observation data. Normative and methodological sources were used as initial reference materials. **Results.** The structure of the program, which consists of four interconnected blocks, in which sequential calculations are performed is given. Block 1 contains reference materials from the methodological literature that are necessary for the calculation. In block 2, the initial data is entered and the maximum instantaneous costs are calculated. Block 3 is intermediate, as it does not contain output data, but serves as a mathematical basis for further graphical construction of hydrographs. For their construction, data on analogue rivers are used. Block 4 displays the main calculated data: maximum discharges, runoff volumes and hydrographs for given reproducibility. Calculation algorithms for blocks 2 and 3 and output data for block 4 are presented. **Conclusions.** The possibility of involving agricultural lands in irrigation at the expense of local runoff reserves can be achieved thanks to the algorithm proposed by the authors and the program for calculating the maximum spring flood water discharges for various provision. This approach can significantly reduce the calculation of specified parameters by automating the process of selecting reference data and improve their accuracy by eliminating errors. All formulas used in this work comply with regulatory and methodological documents.

Keywords: local runoff, hydrological calculations, availability, water flow, water level, program

For citation: Ponomarenko T. S., Breeva A. V. Substantiation of irrigating additional areas at the local runoff due to the hydrologic computation automating. *Ecology and Water Management*. 2022;4(2):100–113. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2022-4-2-100-113>.

Введение. Россия, располагая значительными водными ресурсами и используя в среднем не более 3 % речного стока ежегодно, в целом ряде регионов испытывает острый дефицит в воде, обусловленный в первую очередь неравномерным распределением водных ресурсов по территории. В этой связи важно эффективное использование водных ресурсов, в т. ч. за счет более эффективного использования местного стока.

Активная водохозяйственная деятельность человека во второй половине XX в. обусловила изменение водного режима обширных территорий. В этот период были осуществлены крупные проекты по строительству и

вводу в эксплуатацию оросительных систем. Помимо этого, было построено большое количество водоподпорных гидротехнических сооружений на малых водотоках с образованием водоемов для дальнейшего их использования на различные цели, в частности для орошения.

Научные работы крупных ученых Б. А. Шумакова, Б. Б. Шумакова, В. Н. Щедрина, Н. С. Тимченко, В. Ф. Мамина, И. П. Кружилина, М. С. Григорова, Б. И. Туктарова и др. по рациональному водопользованию свидетельствуют о том, что имеется богатый опыт использования местного стока для целей орошения [1–8].

За период реформ орошение на местном стоке практически утрачено, удельный вес местного стока в объеме орошения сократился с 30 до 6 %. Но, несмотря на это, объемы воды существующих прудов и водохранилищ, а также незадействованные резервы местного стока представляют собой внушительный потенциал для развития орошения. Кроме того, технологии орошения на базе использования местного стока 50–60-х гг. прошлого века морально и технически устарели и требуют существенного пересмотра с учетом современных требований, предъявляемых к оросительным системам нового поколения.

Как известно, для проектирования сооружений на реках малых бассейнов необходимо иметь ряд данных по гидрологическому режиму. Получение этих данных обычно встречает ряд затруднений вследствие слабой изученности малых рек. В период строительства данных сооружений исследование их находилось в начальной стадии, и обширное строительство, производимое на реках малых водосборов, происходило зачастую без надлежащего обоснования гидрологическими исследованиями [9].

Стоит отметить, что в этот период все водотоки были слабо зарегулированы с естественным стоком. Наличие подпорных гидротехнических сооружений вызывает необратимое изменение большинства характеристик

определяющих факторов в масштабе всей реки, и поэтому сегодня эти водотоки имеют совершенно другой гидрологический режим, за которым, как и 60 лет назад, практически никто не ведет наблюдения. Тем не менее ведутся наблюдения на некоторых реках, которые возможно принять за аналоги и выполнить расчет по методике при недостаточности или отсутствии данных наблюдений.

Основное накопление воды в данных объектах происходит в период половодья (весной), и поэтому важно знать объемы, которые могут прийти с водосбора, для планирования дальнейшего использования. Для этого, согласно методике [10, 11], необходимо выполнить расчет максимальных расходов, объемов стока и построение гидрографов.

Методика предполагает, помимо использования карт изолиний, большое количество справочных материалов из различных источников. Это значительно усложняет процесс расчета и может приводить к ошибкам.

Поэтому цель работы – автоматизация гидрологических расчетов весеннего половодья по методике при отсутствии данных наблюдений с возможностью минимального использования справочной литературы.

Материалы и методы. Программа разработана в MS Excel и предназначена для расчета расходов водных объектов и построения расчетных гидрографов половодья при отсутствии данных гидрологических наблюдений. В качестве исходных справочных материалов использованы нормативные и методические источники [9–13]. Большинство справочных источников разработаны в прошлом столетии и требуют актуализации по результатам современных исследований. Функционал программы позволяет заменить справочные данные в случае наличия актуализированных.

Результаты и обсуждение. Программа состоит из четырех взаимосвязанных блоков (рисунок 1), в каждом из которых выполняются последовательные вычисления.

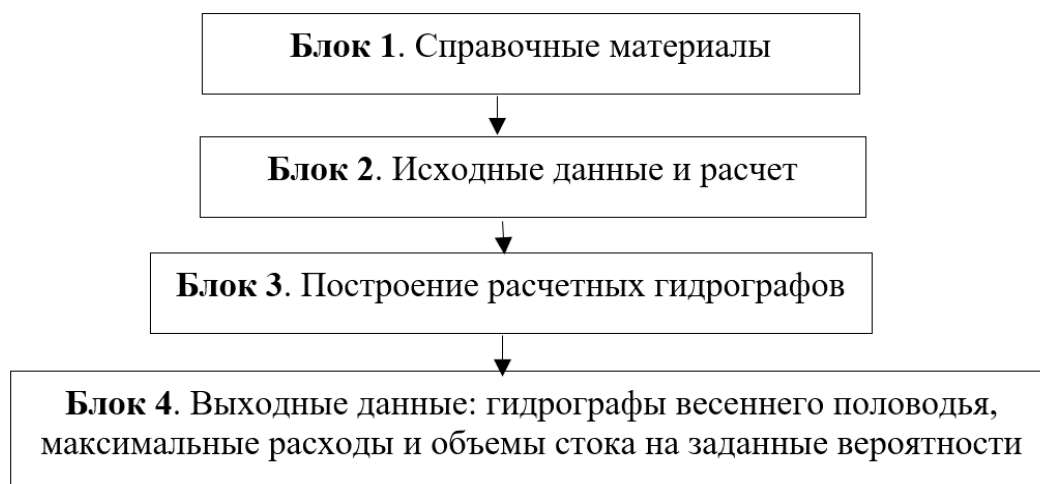


Рисунок 1 – Структура программы

Figure 1 – Program Structure

Блок 1 содержит справочные материалы из методической литературы, которые необходимы для расчета: поправочные коэффициенты к слою стока половодья, параметры n , K_0 и μ ; ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения; переходные коэффициенты k_t ; относительные ординаты расчетного гидрографа стока и коэффициент формы гидрографа.

В блоке 2 выполняется ввод исходных данных и расчет максимальных мгновенных расходов.

Алгоритм расчета данного блока представлен на рисунке 2. Для получения максимального расхода весеннего половодья выполняется последовательный расчет всех параметров, представленных в алгоритме.

Для расчета выполняется ввод следующих исходных данных, характеризующих расчетный створ: площадь водосбора исследуемой реки F (км²), поправочный коэффициент к слою стока половодья h_0 (мм), коэффициенты вариации и асимметрии C_v и C_s , вероятности превышения стока P (%), площадь водосбора f_i (км²) и суммарная площадь зеркала озер S_i (км²).

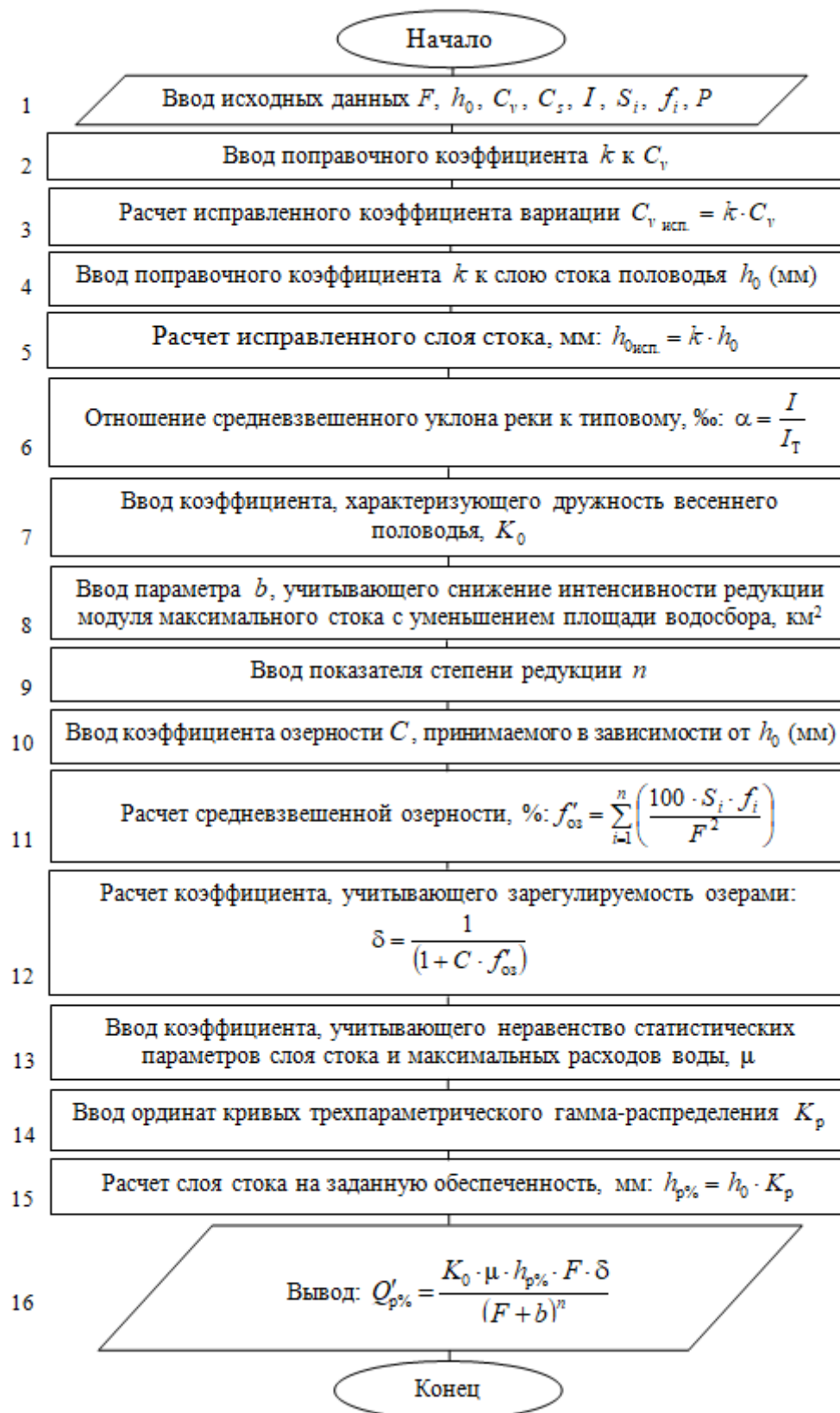


Рисунок 2 – Алгоритм расчета максимальных расходов воды в программе (блок 2)

Figure 2 – Algorithm for calculating the maximum water flow in the program (block 2)

На крупных реках зачастую имеются гидрологические посты, по которым выполняется расчет [12], и поэтому методика при отсутствии данных наблюдений в основном применяется для малых водотоков. Согласно данной методике, на втором этапе алгоритма предусмотрен поправочный коэффициент к C_v , который зависит от размера площади водосбора [11].

Поправочный коэффициент к слою стока половодья вводится для засушливых районов (при h_0 менее 50 мм), зависит от площади водосбора и слоя стока.

Отношение α средневзвешенного уклона русла реки I (‰) к типовому I_T (‰) влияет на коэффициент дружности весеннего половодья K_0 , который определяется на седьмом этапе по справочным данным [14]. Для его вычисления предварительно выбирается природная зона.

Эмпирический параметр b , учитывающий снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, вычисляется по справочным данным [11].

При наличии исходных данных показатель редукции n (изменение максимального модуля стока с увеличением площади водосбора) определяют на основе зависимости $q_{\max p\%} = f(A)$ по данным наблюдений на изученных реках исследуемого района, где $q_{\max p\%}$ – модуль максимального стока.

В работе Г. А. Сенчукова, В. Д. Гостищева и авторов данной статьи [15] приведен расчет уточненных коэффициентов редукции для некоторых рек Черноморского бассейна. Из-за отсутствия исходных данных это исследование не получило продолжение по другим водным объектам, и поэтому в программе показатель степени редукции определяется согласно «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик» [11].

Коэффициент для расчета озерности δ зависит от слоя стока и при-

нимается по таблице 25 «Пособия по определению расчетных гидрологических характеристик» [11]. Средневзвешенная озерность $f'_{оз}$ (%) зависит от площади водосбора и водоемов.

Коэффициент μ , учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды, зависит от природной зоны и вероятности превышения стока [11].

Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения K_p получены из справочных материалов [11], которые содержатся в первом блоке программы.

Далее выполняется расчет слоя стока на заданную обеспеченность $h_{p\%}$ (мм). Данный параметр необходим при расчете максимального расхода и построении гидрографов [16, 17].

На последнем этапе данного блока выводится максимальный расход на заданные обеспеченности $Q_{p\%}$ (м³/с). Расчет выполняется по формуле согласно СП 33-101-2003 [10].

После вычислений в блоке 2 автоматически выполняется расчет параметров гидрографов в блоке 3. Данный блок является промежуточным, так как не содержит выходных данных, а служит математической основой для дальнейшего графического построения гидрографов. Алгоритм расчета по блоку 3 представлен на рисунке 3.

Исходные данные для расчета вводятся автоматически из блока 2.

Для построения расчетного гидрографа используются данные по рекам-аналогам. Блок состоит из 12 операций, которые автоматически выполняются при нажатии кнопки «расчет» во втором блоке.

При построении расчетных гидрографов необходимо всесторонне проанализировать формирование и режим половодий и паводков, их происхождение, вероятность повторного прохождения паводков.

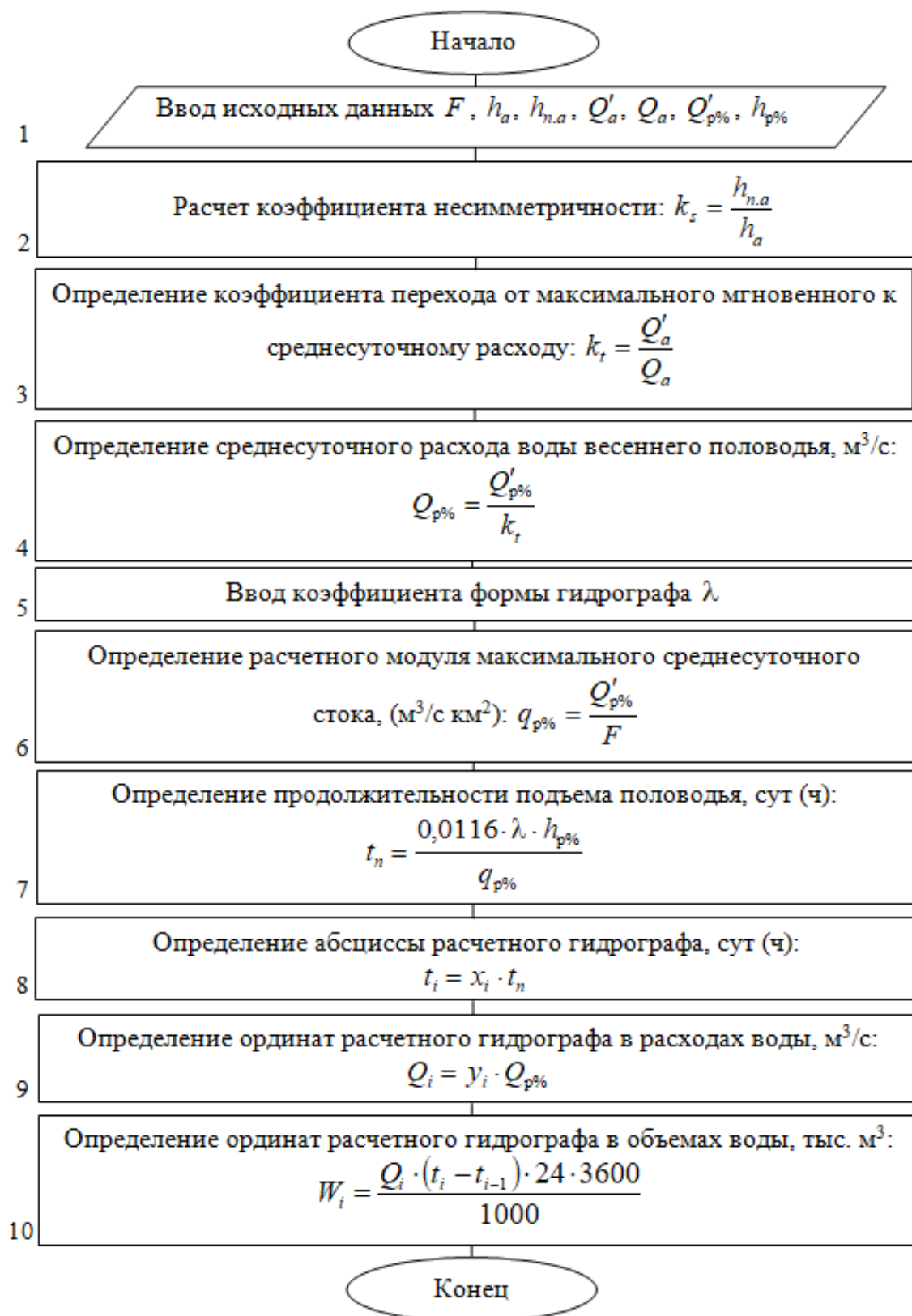


Рисунок 3 – Алгоритм построения расчетных гидрографов в программе (блок 3)

Figure 3 – Algorithm for constructing calculated hydrographs in the program (block 3)

Расчетные гидрографы стока воды рек определяются: 1) для весеннего половодья – гидрографы внутрисуточного хода стока воды рассчитываются по средним суточным расходам, при этом среднесуточный расход воды в 1,5 раза меньше мгновенного; 2) для дождевых паводков – по мгновенным расходам воды [2, 3, 18].

Коэффициент формы гидрографа λ , абсцисса x и ордината y устанавливаются согласно приложению 2 «Пособия по определению расчетных гидрологических характеристик» [11] в зависимости от коэффициента несимметричности k_s , определяемого по данным рек-аналогов как отношение слоя стока за период подъема половодья (паводка) на реке-аналоге $h_{n.a}$ (мм) к суммарному слою стока половодья (паводка) h_a (мм).

Переходный коэффициент k_t от максимального мгновенного расхода воды весеннего половодья Q'_a (м³/с) к среднему суточному расходу Q_a (м³/с) устанавливается по рекам-аналогам. При их отсутствии допускается определение коэффициента по «Пособию по определению расчетных гидрологических характеристик» [11].

Относительные ординаты y_i и абсциссы x_i расчетного гидрографа зависят от показателей расчетного максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья или максимального мгновенного расхода воды дождевого паводка $Q'_{p\%}$ (м³/с), а также от продолжительности подъема весеннего половодья (дождевого паводка) t_n (сут (ч)).

Для расчета продолжительности подъема весеннего половодья необходимо определить расчетный модуль максимального среднесуточного стока $q_{p\%}$ (м³/(с·км²)).

После расчета в блоке 4 выводятся основные расчетные данные: максимальные расходы Q_i (м³/с), объемы стока W_i (млн м³) и гидрографы на заданные обеспеченности P (%) (рисунок 4).

$P, \%$	1	3	5	10	25	50
$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	27,286	19,222	15,284	10,341	4,881	1,572
$W_i, \text{млн м}^3$	2,617	1,900	1,527	1,086	0,551	0,199

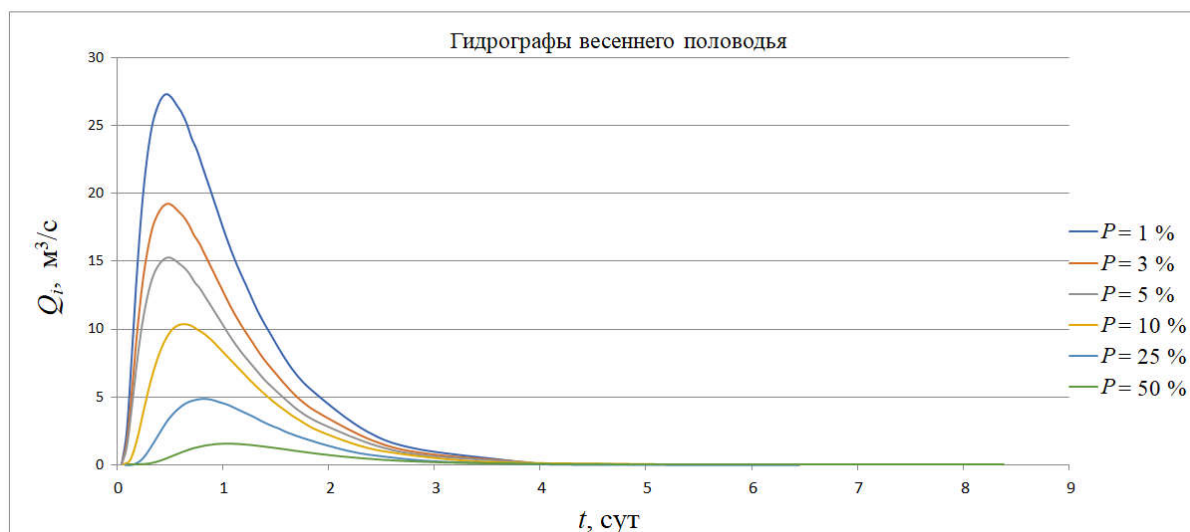


Рисунок 4 – Построение расчетных гидрографов в программе (блок 4)
Figure 4 – Construction of calculated hydrographs in the program (block 4)

В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов проблематика, связанная с недостаточно эффективным использованием местного стока, является весьма актуальной. Использование резервов местного стока на основе современных научных и технических достижений перспективно, а в засушливых районах страны это вообще единственно возможный источник, который может быть использован при орошении земель сельскохозяйственного назначения.

На данную разработку получено свидетельство о государственной регистрации ЭВМ № 2020619520 «Программа расчета максимальных расходов в период половодья для створа водного объекта при отсутствии данных наблюдений».

Все формулы, использованные в данной разработке, соответствуют нормативно-методическим документам.

Выводы. Возможность вовлечения в орошение сельскохозяйственных земель за счет резервов местного стока может быть достигнута благодаря

предложенным авторами алгоритму и программе для расчетов максимальных расходов воды весеннего половодья на различные обеспеченности.

Такой подход позволяет выполнять расчеты максимальных расходов воды весеннего половодья на различные обеспеченности с формированием отчетных и графических материалов. Это дает возможность значительно сократить расчет заданных параметров за счет автоматизации процесса выбора справочных данных и повысить его точность путем исключения ошибок.

Список источников

1. Щедрин В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы. М.: Мелиоводинформ, 2004. 255 с.
2. Виноградов А. Ю., Догановский А. М., Обязов В. А. Существующие проблемы гидрологических расчетов. Ч. 1 // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2019. Т. 1, № 1. С. 143–159.
3. Гуревич Е. В., Марков М. Л. Характеристика минимального стока рек в бассейне р. Кубань // Метеорология и гидрология. 2019. № 9. С. 66–76.
4. Оценка современных изменений максимального стока рек России / В. Ю. Георгиевский, Е. А. Грек, Е. Н. Грек, А. Г. Лобанова, Т. Г. Молчанова // Метеорология и гидрология. 2019. № 11. С. 46–55.
5. Григоров М. С., Григоров С. М. Способы, техника полива и режимы орошения сельскохозяйственных культур в различных регионах России. М.: Рос. акад. с.-х. наук, 2007. 286 с.
6. Половодье на Нижней Волге и оптимальное природопользование / И. П. Кружилин, В. В. Мелихов, П. И. Кузнецов, А. Г. Болотин, В. Ф. Мамин // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 2. С. 18–22.
7. Мамин В. Ф. Управление водным режимом и комплексное окультуривание мелиорированных природных лиманов полупустынного Прикаспия: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Волгоград, 1986. 43 с.
8. Мелиорация естественных лиманов Заволжья / Б. И. Туктаров [и др.]. Саратов: Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова, 2002. 124 с.
9. Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д., Кузьмичев А. А. Пути совершенствования технологии орошения с использованием местного стока (обзор) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2014. № 1(13). С. 168–179. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=700> (дата обращения: 01.04.2022).
10. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 33-101-2003: утв. Госстроем России 26.12.03. М.: Госстрой России, 2004. 85 с.
11. Шмидт Т. С. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 444 с.
12. Пономаренко Т. С., Бреева А. В. К вопросу автоматизации гидрологических расчетов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 4(84). С. 65–69.
13. Мелиорация и водное хозяйство. Водное хозяйство: справочник / И. И. Бородавченко [и др.]; под ред. И. И. Бородавченко. М.: Агропромиздат, 1988. Т. 5. 398 с.
14. Лучшева А. А. Практическая гидрология. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 440 с.

15. Расчет максимального стока по региональным коэффициентам / Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2021. № 4. С. 42–49. <https://doi.org/10.17308/geo.2021.4/3749>.
16. Районирование коэффициента редукиции стока рек Черноморского побережья Краснодарского края / Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, С. В. Ковалев, Д. В. Мартынов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 45–49.
17. Вуглинский В. С., Высоцкий Д. В., Яковлева Т. И. Мониторинг поверхностных водных объектов в России // Метеорология и гидрология. 2021. № 6. С. 77–88.
18. Виноградова Т. А., Виноградов А. Ю. Гидрология: соотношение теоретической и прикладной гидрологии // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2, вып. 2. С. 102–111. <https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.2.102>.

References

1. Shchedrin V. N., 2004. *Oroshenie segodnya: problemy i perspektivy* [Irrigation Today: Problems and Prospects]. Moscow, Meliovodinform Publ., 255 p. (In Russian).
2. Vinogradov A. Yu., Doganovsky A. M., Obyazov V. A., 2019. *Sushchestvuyushchie problemy gidrologicheskikh raschetov. Ch. 1* [Existing issues of hydrological calculations. Pt. 1]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Hazard Processes and Phenomena], vol. 1, no. 1, pp. 143-159. (In Russian).
3. Gurevich E. V., Markov M. L., 2019. *Kharakteristika minimal'nogo stoka rek v bassejne r. Kuban'* [Characteristics of minimum river runoff flow of rivers in the basin of the river Kuban]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], no. 9, pp. 66-76. (In Russian).
4. Georgievsky V. Yu., Grek E. A., Grek E. N., Lobanova A. G., Molchanova T. G., 2019. *Otsenka sovremennykh izmeneniy maksimal'nogo stoka rek Rossii* [Assessment of modern changes in maximum river flow in Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], no. 11, pp. 46-55. (In Russian).
5. Grigorov M. S., Grigorov S. M., 2007. *Sposoby, tekhnika poliva i rezhimy orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v razlichnykh regionakh Rossii* [Methods, Irrigation Technique and Irrigation Regimes for Agricultural Crops in Various Regions of Russia]. Moscow, Russian Academy of Agricultural Sciences, 286 p. (In Russian).
6. Kruzhilin I. P., Melikhov V. V., Kuznetsov P. I., Bolotin A. G., Mamin V. F., 2008. *Polovod'e na Nizhney Volge i optimal'noe prirodopol'zovanie* [High water in the Lower Volga and optimal nature resource use]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 2, pp. 18-22. (In Russian).
7. Mamin V. F., 1986. *Upravlenie vodnym rezhimom i kompleksnoe okul'turivanie meliorirovannykh prirodnnykh limanov polupustynnogo Prikaspiya. Avtoreferat diss. doct. s.-kh. nauk* [Management of the water regime and integrated cultivation of reclaimed natural estuaries of the semi-desert Caspian region. Abstract of Dr. agri. sci. diss.]. Volgograd, 43 p. (In Russian).
8. Tuktarov B. I. [et al.], 2002. *Melioratsiya estestvennykh limanov Zavolzh'ya* [Reclamation of Natural Estuaries of the Trans-Volga Region]. Saratov, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 124 p. (In Russian).
9. Senchukov G. A., Gostishchev V. D., Kuzmichev A. A., 2014. [Ways to improve irrigation technology using local runoff (review)]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(13), pp. 168-179, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=700> [accessed 01.04.2022]. (In Russian).
10. SP 33-101-2003. *Opreделение osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Determination of design hydrological performance]. Moscow, Gosstroy of Russia, 2004, 85 p. (In Russian).
11. Shmidt T. S., 1984. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh*

kharakteristik [Handbook for Determination of Calculated Hydrological Characteristics]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 444 p. (In Russian).

12. Ponomarenko T. S., Breeva A. V., 2021. *K voprosu avtomatizatsii gidrologicheskikh raschetov* [On issue of hydrological computation automation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(84), pp. 65-69. (In Russian).

13. Borodavchenko I. I. [et al.], 1988. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Vodnoe khozyaystvo: spravochnik* [Reclamation and Water Management. Water Management: reference book]. Moscow, Agropromizdat Publ., vol. 5, 398 p. (In Russian).

14. Luchsheva A. A., 1976. *Prakticheskaya gidrologiya* [Practical Hydrology]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 440 p. (In Russian).

15. Senchukov G. A., Gostishchev V. D., Ponomarenko T. S., Breeva A. V., 2021. *Raschet maksimal'nogo stoka po regional'nym koeffitsientam* [Calculation of maximum flow by regional coefficients]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Bull. of VGU. Series: Geography. Geoecology], no. 4, pp. 42-49, <https://doi.org/10.17308/geo.2021.4/3749>. (In Russian).

16. Ponomarenko T. S., Breeva A. V., Kovalev S. V., Martynov D. V., 2020. *Rayonirovanie koeffitsiyenta reduksii stoka rek Chernomorskogo poberezh'ya Krasnodarskogo kraya* [Zoning of reduction coefficient of the river runoff of the Black Sea coast of Krasnodar Territory]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(78), pp. 45-49. (In Russian).

17. Vuglinskii V. S., Vysotskii D. V., Yakovleva T. I., 2021. *Monitoring poverkhnostnykh vodnykh ob"ektov v Rossii* [Monitoring of surface water bodies in Russia]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology], no. 6, pp. 77-88. (In Russian).

18. Vinogradova T. A., Vinogradov A. Yu., 2020. *Gidrologiya: sootnoshenie teoreticheskoy i prikladnoy gidrologii* [Hydrology: relation between theoretical and applied hydrology]. *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya* [Hydrosphere. Hazard Processes and Phenomena], vol. 2, no. 2, pp. 102-111, <https://doi.org/10.34753/HS.2020.2.2.102>. (In Russian).

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник;

А. В. Бреева – младший научный сотрудник.

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Researcher;

A. V. Breeva – Junior Researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 27.04.2022; одобрена после рецензирования 25.05.2022; принята к публикации 07.06.2022.

The article was submitted 27.04.2022; approved after reviewing 25.05.2022; accepted for publication 07.06.2022.