

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ГИДРОГРАФА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАВОДОЧНОГО СТОКА НА ПРИМЕРЕ РЕК БАССЕЙНА ТЕРЕКА И КУБАНИ

Рец Е.П.<sup>1</sup>, Дурманов И.Н.<sup>1</sup>, Киреева М.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – *Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, retska@mail.ru*

<sup>2</sup> – *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

**Аннотация.** Проведено расчленение суточных гидрографов при помощи программного комплекса GrWat для 9 створов рек бассейнов Терека и Кубани для периода 1960-2016. Программный комплекс GrWat позволяет рассчитать для отдельных паводков, накладывающихся на «базисную» составляющую половодья, более 30 характеристик формы и метеорологической обстановки. Данные исследования свидетельствуют о значительной перестройке режима паводочного стока на территории Северного Кавказа. Повышение объема паводочного стока, среднего значения и дисперсии максимальных расходов отдельных паводков наряду с их продолжительностью, может служить предпосылкой увеличения опасности наводнений в отдельных частях исследуемой территории.

Ключевые слова: расчленение гидрографа, паводки, Северный Кавказ, изменения стока.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 17-77-10169.

Значительная трансформация режима стока рек в конце XX – начале XXI века, обусловленная климатическими изменениями, отмечается повсеместно во многих исследованиях (Jiménez Cisneros et al., 2014). Северный Кавказ - является одним из наиболее неблагоприятных регионов с точки зрения опасных паводков на территории РФ (Frolova et al., 2017). На территории региона наблюдаются разнонаправленные, неоднородные с точки зрения пространственно-временной структуры изменения характеристик максимального стока (Rets et al, 2018, Дурманов и др., 2018). Это обуславливает необходимость более детального рассмотрения формирования паводочного стока рек Северного Кавказа в контексте отмечающегося в последние десятилетия повышения числа опасных гидрологических процессов в регионе (Alekseevsky et al., 2016).

В рамках данного исследования был разработан адаптированный для горных условий вариант программного комплекса GrWat, выполняющего автоматическое генетическое расчленение гидрографа реки с суточным разрешением (Киреева и др., 2018). Помимо основного функционала, была реализована возможность выделения отдельных паводков, накладывающихся на «базисную» волну половодья и расчета для каждого отдельного паводка максимального расхода воды, объема паводка, дат начала, конца, максимума, продолжительности, времени подъема, расхода воды перед началом паводка, превышение максимального расхода над базисным половодным уровнем, различных параметров метеообстановки характеризующих характер атмосферных осадки и температурный режим во время и перед прохождением паводков. Всего программный комплекс рассчитывает 52 ежегодных характеристики речного стока и 31 характеристику паводочного стока. Большинство данных характеристик, несмотря на их значительную важность для понимания механизмов формирования и изменения паводочной опасности крайне ранее редко использовались в крупномасштабных исследованиях из-за большой трудоемкости их ручного расчета. Автоматизация их расчета предоставляет принципиально новые возможности для исследования.

Расчленение суточных гидрографов было проведено для 9 створов рек бассейнов Терека и Кубани для периода 1960-2016. Для большинства анализируемых рек бассейна Кубани наблюдается тенденция увеличения суммарного годового объема паводочного стока на 15-20% в период 1982-2016 по сравнению с 1960-1981. В западной части бассейна отдельные дождевые паводки становятся статистически достоверно выше в со-

временный период, как в абсолютном значении (на 11-13%), так и относительно «базисной» волны половодья (на 5-20%), при одновременном увеличении дисперсии данной величины (на 30-80%). На всей остальной территории при относительной однородности рядов максимальных расходов паводков, наблюдается практически повсеместное увеличение дисперсии их объема (на 30-130%), времени подъема (на 50-200%), общей продолжительности (на 30-200%). Во внутригодовом распределении отмечается увеличение числа и максимальных расходов паводков в осенний период для всей анализируемой территории. Среднее значение и дисперсия максимальных расходов зимних паводков растет для рек центральной и восточной части Северного Кавказа (на 10-40 и 30-500% соответственно), но тем не менее остается значительно ниже максимальных расходов летних паводков. Выявленные изменения свидетельствуют о значительной перестройке режима паводочного стока на территории Северного Кавказа.

### Литература

1. Дурманов, И.Н., Рец, Е.П., Киреева, М.Б., Сазонов, А.А. (2018). Современные изменения характеристик максимального стока рек Северного Кавказа. In Международная научно-практическая конференция Третьи Виноградовские Чтения. Грани гидрологии памяти выдающегося русского ученого Ю.Б. Виноградова (28-30 марта 2018 г., Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия), Санкт-Петербург. С. 186–189.
2. Киреева, М.Б., Фролова, Н.Л., Рец, Е.П., Самсонов, Т.Е., Телегина, Е.А., Харламов, М.А., Езерова, Н.Н., Пахомова, О.М. (2018). Паводочный сток на реках Европейской территории России и его роль в формировании современного водного режима. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 4. С. 48–68.
3. Alexeevsky N., Magritsky D.V., Koltermann K.P., Krylenko I. and Toropov, P. Causes and systematics of inundations of the Krasnodar territory on the Russian Black Sea coast // Natural Hazards and Earth System Science. 2016. № 16. PP.1289-1308, doi:10.5194/nhess-16-1289-2016.
4. Frolova, N.L., Kireeva, M.B., Magritskiy, D.V., Bolgov, M.B., Kopylov, V.N., Hall, J., Semenov, V.A., Kosolapov, A.E., Dorozhkin, E.V., Korobkina, E.A., Rets, E.P., Akutina, Y., Dzhamalov, R.G., Efremova, N.A., Sazonov, A.A., Agafonova, S.A., Belyakova, P.A. (2017) Hydrological hazards in russia: origin, classification, changes and risk assessment. Natural Hazards, 88. 1. PP. 103–131.
5. Jiménez Cisneros, B.E., T. Oki, N.W. Arnell, G. Benito, J.G. Cogley, P. Döll, T. Jiang, and S.S. Mwakalila (2014). Freshwater resources. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. PP. 229-269.
6. Rets, E.P., Dzhamalov, R.G., Kireeva, M.B., Frolova, N.L., Durmanov, I.N., Telegina, A.A., Telegina, E.A., and Grigoriev, V.Y. (2018). Recent trends of river runoff in the north caucasus. GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY 11, 3, 61–70.

## THE USE OF AUTOMATIC HYDROGRAPH SEPARATION TO REVEAL FEATURES OF FLASH-FLOOD RUNOFF REGIME: THE TEREK AND KUBAN RIVER BASINS CASE STUDY

**Rets E.P.<sup>1</sup>, Durmanov I.N.<sup>1</sup>, Kireeva M.B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – *Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, retska@mail.ru*

<sup>2</sup> – *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

**Abstract.** The GrWat tool was implied to separate daily hydrographs of 9 gauges in the Terek and Kuban River basins for 1960-2016. The GrWat tool allows to calculate more than 30 characteristics of flash-floods shape and meteorological conditions on their occurrence. The results of the study indicate a substantial transition of flash-flood runoff regime. Increase in flash-flood runoff annual volume, mean value and dispersion of maximum flash-flood discharges alongside with their total duration can be a condition of increase in inundation danger in the number of regions within the North Caucasus.

Key words: hydrograph separation, flash-floods, the North Caucasus, changes in river runoff.