

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“  
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 114

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY

Book 2 – GEOGRAPHY

Volume 114

---

## ГОДИШНИ ВАЛЕЖИ В НАСТАН-ТРИГРАДСКИ КАРСТОВ БАСЕЙН

СТАНИСЛАВ ИСКРЕНОВ

*Катедра по климатология, хидрология и геоморфология,  
СУ „Св. Климент Охридски“  
e-mail: neostan@mail.bg*

*Stanislav Iskrenov. ANNUAL PRECIPITATION IN NASTAN-TRIGRAD KARST AREA*

The study aims to analyze the variability, trend, and spatial characteristics of precipitation in the Nastan-Trigrad karst area – one of the largest karst basins in the Rhodope Mountains. Based on the annual rainfall data for the period 1980–2020 the deviations of the norm and trend are calculated using the linear regression method. The annual precipitation in the Nastan-Trigrad karst area varies between 662 mm and 971 mm and increases from the north-northwest to the southeast toward the alpine part of the basin. The coefficient of variation is 0,17–0,23. During the 40-year period the annual precipitation is found to be close to the norm except for two years – 2010 and 2014 when the rainfall is 150% compared to the norm. The annual precipitation shows a positive trend for the study period, however, two sub-periods could be distinguished: one with a slight decrease (1980–2000) and another – with a more significant increase (after 2000). The results could be interpreted as having positive consequences for the karst water and streamflow in the Nastan-Trigrad karst basin.

*Key words:* annual precipitation, karst area, Nastan-Trigrad, Rhodope Mountains, Bulgaria

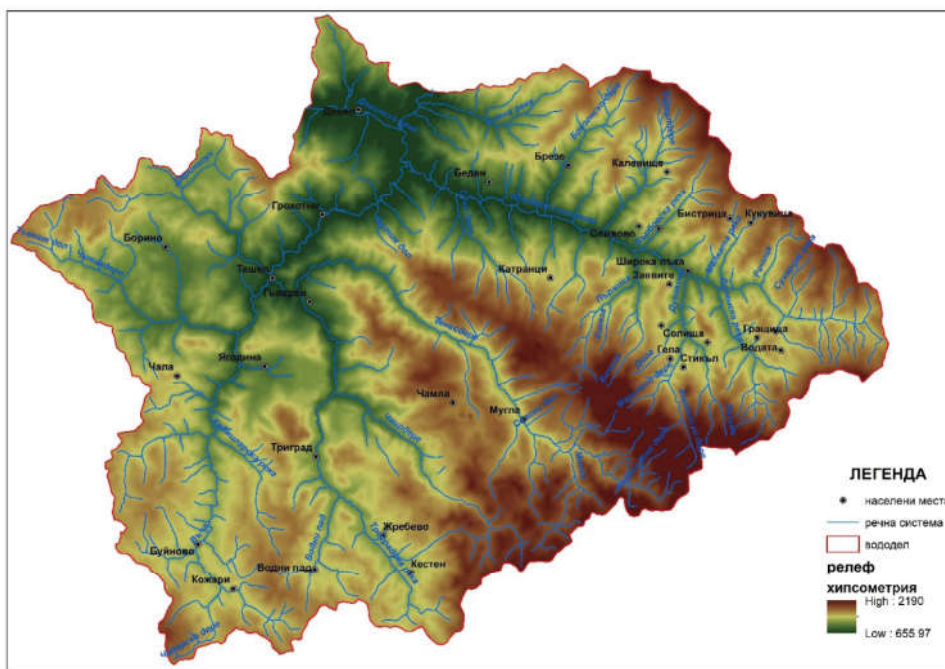
## УВОД

Карстовите води – важен елемент на водните ресурси на дадена територия и основен източник на водоснабдяване на редица места, са чувствителни към измененията на климата поради тясната връзка между изворните дебити и валежите (Bonacci 1990, Fiorillo & Doglioni 2010, Jukić & Denić-Jukić 2015, Lixing et al. 2019 и др.). В посочения контекст се провеждат редица изследвания за възможните бъдещи изменения на дебитите и режима на изворите в карстовите геосистеми, на минерализацията и други хидрогеоложки характеристики на карстови геосистеми.

Целта на настоящата работа е да анализира пространствено-времеви характеристики на годишните валежи в Настан-Триградския карстов басейн за периода 1980–2020 г. Изследването е предпоставено от липсата на проучвания на многогодишния валежен режим в централната част на планината Родопи през последните десетилетия с изключение на сведенията, които дават проучванията на Nojarov (2020) за тренд на температурата на въздуха и на валежите при станция Триград.

## ТЕРИТОРИАЛЕН ОБХВАТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Настоящата работа обхваща район на Настан-Триградския басейн, развит централната част на планината Родопи, в горното течение на р. Въча. Границите на Настан-Триградския карстов басейн се определят от разкритието на мраморите от Добростанската свита (Кожухаров 1984, цит. по Бендерев и др. 1997) и водосборите на реките, вливащи се в р. Въча. В тези граници карстовият басейн е с площ от 637,0 km<sup>2</sup>, Надморската височина на басейна е от 700 до 2190 m (Бендерев и др. 1997). За целите на настоящото изследване границите на изследвания карстов район се очертават по вододелната линия на р. Девинска (фиг. 1).



Фиг. 1. Картохема на района на Настан-Триградски карстов басейн  
 Fig. 1. Map of Nastan-Trigrad karst area

Настан-Триградският карстов басейн е обособен в самостоятелно подземно водно тяло (ПВТ) в Източнoбеломорски район за управление на водите и е един от общо 24-те самостоятелни карстови басейна на територията на страната. Настан-Триградският карстов басейн е граничен между България и Гърция (подземно водно тяло BG3G00000Pt051). Площта на водното тяло Карстови води – Настан-Триградски карстов басейн е определена на 228 km<sup>2</sup>, а типът на ПВТ е означен като напорен.

Настан-Триградският карстов басейн е развит между 500 m и 2000 m надморска височина с доминиране на площите в среднопланинския и планинския хипсометричен пояс (фиг. 1). Изолиниите под 100 m очертават речните долини на реките Широколъшка, Триградска и др. Високопланинската част на изследвания район обхваща рида Мурсалица и част от Широколъшки снежник (Карлък) в югоизточната част на карстовия басейн. Различната експозиция на склоновете предполага нееднакво количество на падналите валежи в отделните части на изследваната територия.

Местоположението на Настан-Триградския карстов басейн в Родопите и височинното му разположение определят характеристиките на климатичните условия. Най-ниската средногодишна температура на въздуха за периода 2001 – 2013 г. се регистрира през 2003 г. – 4,7 °C, а най-високата – през 2012 г., 6,2 °C

(Николова и Пенков 2016). Изследванията на Нојаров (2020) за температурния режим при станция Триград показват януарски минимум с отрицателни стойности ( $-3,2$  °C) и максимум през м. юли ( $16,6$  °C). Поради сравнително голямата надморска височина (1000–1600 m) на територията се създават условия за почти ежедневни температурни инверсии и температурите на въздуха през цялата година са много по-ниски от местата с подобна височина в останалите планини.

Годишната валежна сума в изследваната територия е между 500–600 mm в нископланински хипсометричен пояс и 1000 mm в планинските и високопланинските части (Климатичен справочник..., 1990). Валежният режим е с два максимума – през м. май/юни и м. декември и два валежни минимума – през м. септември и м. януари/февруари по осреднените данни в Климатичен справочник... (1990). Изследването на Нојаров (2020) за периода 1979–2018 г. при една от дъждомерните станции в изследвания район – Триград, потвърждава проявата на два валежни максимума и два валежни минимума.

Средната дебелина на снежната покривка е 97 cm, а продължителността на периода със снежна покривка – между 80 и 150 дена (Векилска 1986). Николова и Пенков (2016) установяват за периода 2001–2013 г., че броят на дните със снеговалеж преобладава най-често през януари и февруари, и че най-снежни са зимите на 2001/2002, 2003 (февруари и март) и 2012 г. (януари и февруари). Петкова (2014) констатира, че за периода 1961–1990 г. продължителността на задържане на снежната покривка в Родопите, в районите с надморска височина между 800 и 1000 m, е 50–85 дена, от 1000 до 1500 m – между 80 и 100 дена, а от 1500 до 2000 m – от 120 до 160 дена. Дебелата и трайна снежна покривка в района на Настан-Триградски карстов басейн има голямо значение за подхранването на подземните води, от една страна, а от друга, оказва пряко влияние върху режима им чрез процесите на снеготопене, които протичат през късна пролет.

## ИЗХОДНА ИНФОРМАЦИЯ И МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

### *Изходна информация*

За анализ на хронологичните изменения на годишните валежни суми в района на Настан-Триградски карстов басейн са използвани данни за месечни валежи за периода 1980–2020 г. от следните наблюдателни пунктове: климатична станция № 45490 гр. Девин, дъждомерни станции № 45450 с. Мугла, № 45500 с. Триград, № 45510 с. Широка лъка. Станциите са разположени на различна надморска височина – 715 m<sup>1</sup> при гр. Девин, 1354 m при с. Мугла,

---

<sup>1</sup> Данните за надморските височини се отнасят за селищата, а не за дъждомерната станция.

1240 m при с. Триград и на 1050 m при с. Широка лъка, и сравнително равномерно разпределени в границите на изследваната територия.

Исходните данни за месечните валежни суми са предоставени от Национален институт по хидрология и метеорология (НИМХ) по определената процедура за получаване на изходна метеорологична информация.

### *Методи на изследване*

Анализът в настоящото изследване се основава на статистически методи за оценка на изходните редове от годишни стойности на валежите, получени от сумата на месечните валежи. Получени са стандартните статистически параметри – средна стойност, стандартно отклонение, медиана, максимални и минимални стойности. Коефициентът на вариация –  $C_v$ , е изчислен по израза:

$$(1) \quad C_v = \sigma/x_{cp}$$

Степента отклоненията на годишната валежна сума спрямо нормата за изследвания период се оценява по следната скала: валеж над 151% от средномногогодишната стойност; валеж между 126 и 150% от нормата; валеж от 101% до 125% от нормата; валеж между 76% и 99%; валеж от 50% до 75% от нормата и валеж под 50% от нормата за периода.

Тенденцията в изменението на годишната валежна сума за изчислителния период 1980–2020 г. е определена чрез наклона на линията на линеен тренд. Наред със статистическите параметри се изследват отклоненията на годишните валежи от средната многогодишна стойност и кумулативните отклонения – последователно сумиране на отклоненията на годишните стойности на годишните валежи от нормата за периода 1980–2020 г. Многогодишните изменения на годишните валежни суми се анализират и чрез интегралната крива на разликите (нарастващата сума от отклоненията на валежите от средномногогодишната стойност), ординатите на които се определят по формулата:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t)$$

където  $K_i$  е модулният коефициент, определен по съотношението  $K_i = P_i/P$ , в което  $P_i$  – годишната валежна сума,  $P$  – средномногогодишната сума на валежите за изчислителния период.

Графиките се строят с ординати, определени по израза:

$$(3) \quad \frac{\sum_{i=1}^t (K_i - 1)}{C_v} = f(t)$$

## РЕЗУЛТАТИ

### Годишна валежна сума

Годишната валежна сума в района на Настан-Триградския карстов басейн варира от 662 mm при дъждомерната станция при Девин до 971 mm при с. Мугла, със стойности 902 mm при станция Триград и 847 mm при станция Широка лъка (табл. 1). С най-голяма разлика между максималната и минималната стойност на годишната валежна сума се отличава станция Мугла, а с най-малка – валежите при станция Широка лъка.

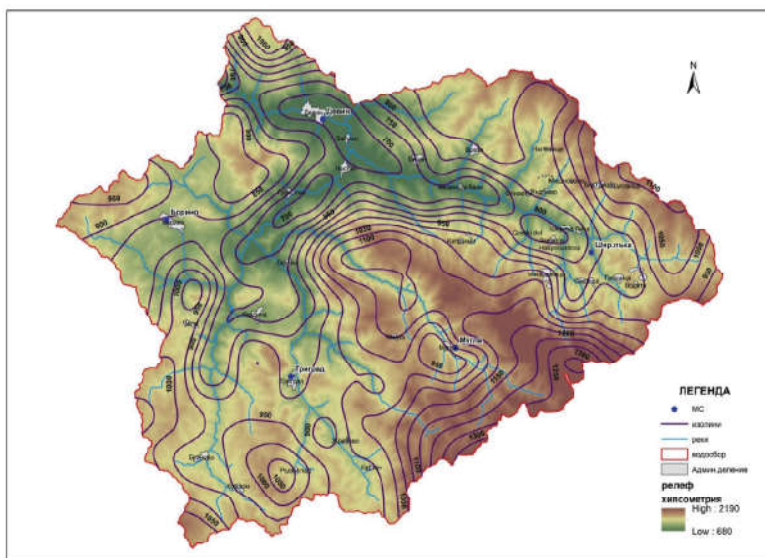
Таблица 1

Table 1

Статистически характеристики на валежите в района на Настан-Триградски карстов басейн  
Statistical data for annual precipitation in Nastan-Trigrad karst area

Дъждомерна станция	$P_{\text{cp}}$ (mm)	Медиана	$P_{\text{max}}$ (mm)	$P_{\text{min}}$ (mm)	$C_v$
Девин	662	653	971,1	421,1	0,20
Мугла	971	929	1532,3	485,9	0,23
Триград	902	856	1332,5	474,0	0,21
Широка лъка	847	865	1256,5	605,7	0,17

Увеличаването на годишните валежи в посока юг-югоизток е закономерно, вследствие на нарастване на надморската височина в същата посока (фиг. 2).



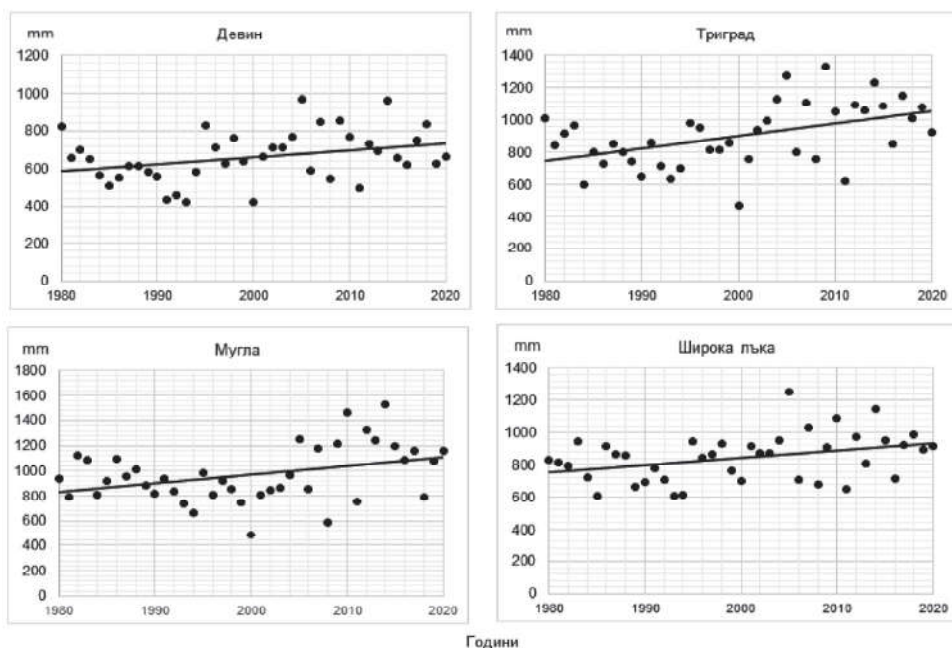
Фиг. 2. Разпределение на годишните валежи в Настан-Триградски карстов басейн

Fig. 2. Spatial distribution of annual precipitation in Nastan-Trigrad karst area



значението на разположението на дадено място не само по надморска височина, но и спрямо пространствената ориентация на съседни планински ридове.

Тенденцията за повишаване на годишната валежна сума в района на Настан-Триградски карстов басейн се установява и при прилагане на метода на линейния тренд. Увеличаването на годишните валежи не се различава значително в отделните части на изследваната територия, което е видимо от наклона на изравнителната линия (фиг. 4).



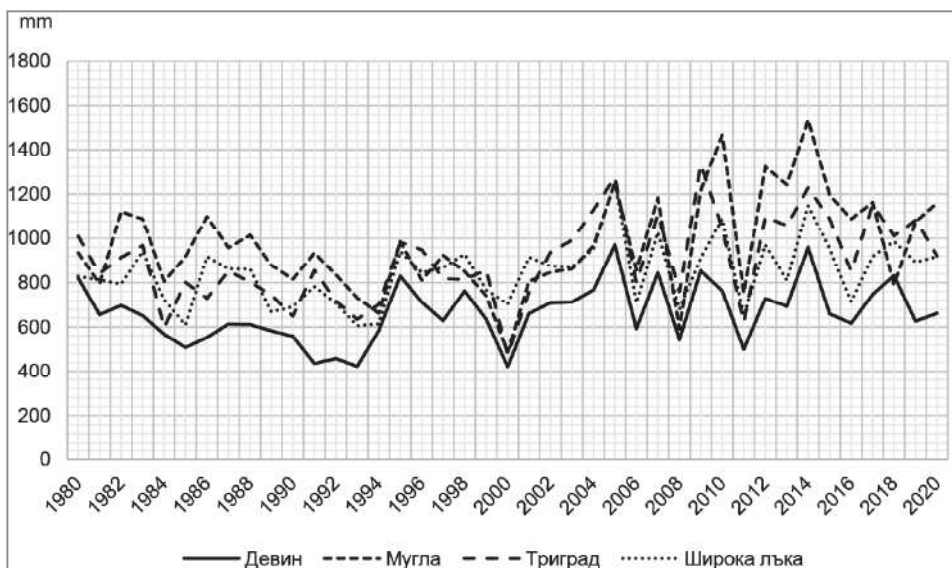
Фиг. 4. Линейн тренд на годишната валежна сума за 1980–2010 г. в Настан-Триградски карстов басейн

Fig. 4. Trend in annual precipitation for 1981–2010 in Nastan-Trigrad karst area

С най-изразителен положителен тренд е годишната валежна сума при Триград – наклонът на линията на тренда е  $7,56^\circ$ , а най-малко увеличение на валежите се регистрира при Девин – наклонът на линията на тренда е  $3,69^\circ$ . Наклонът на линията на тренда при станция Мугла е  $6,83^\circ$ , а при станция Широка лъка –  $4,46^\circ$ .

Различните по влажност валежни години в отделните части на изследваната територия се проследяват и при съпоставяне на хронологичния ход на годишната валежна сума за 1980–2020 г. Наблюдава се разминаване в годините с валежи над и под нормата в отделните части на територията на Настан-Триградски карстов басейн, но в общ план доминира синхронността в многогодишния ход на валежните суми (фиг. 5).

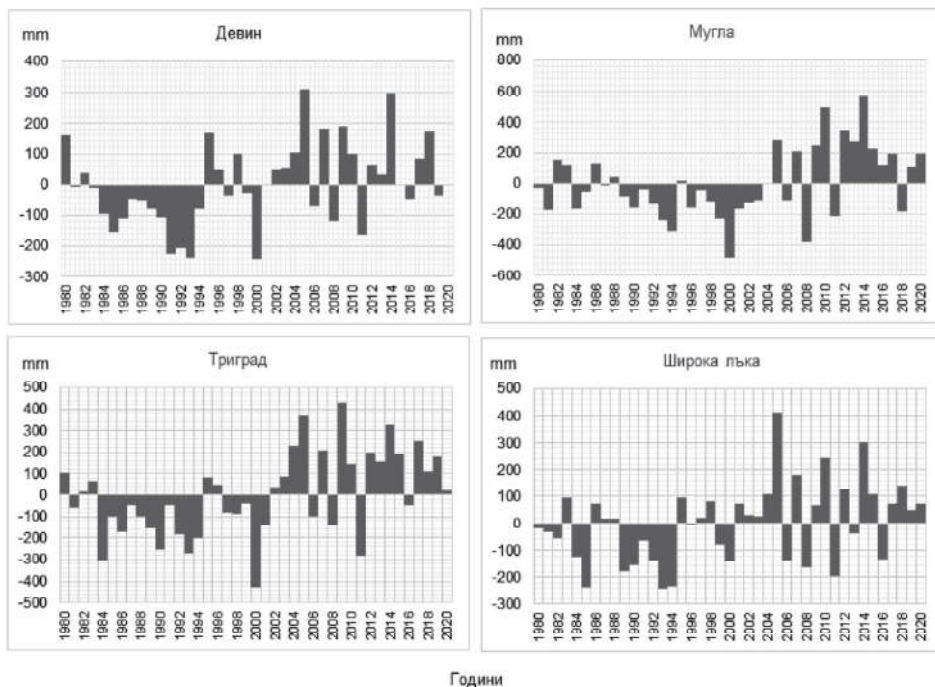




Фиг. 5. Хронологичен ход на годишната валежна сума за 1980–2020 г. в Настан-Триградски карстов басейн

Fig. 5. Annual precipitation for 1980–2020 in Nastan-Trigrad karst area

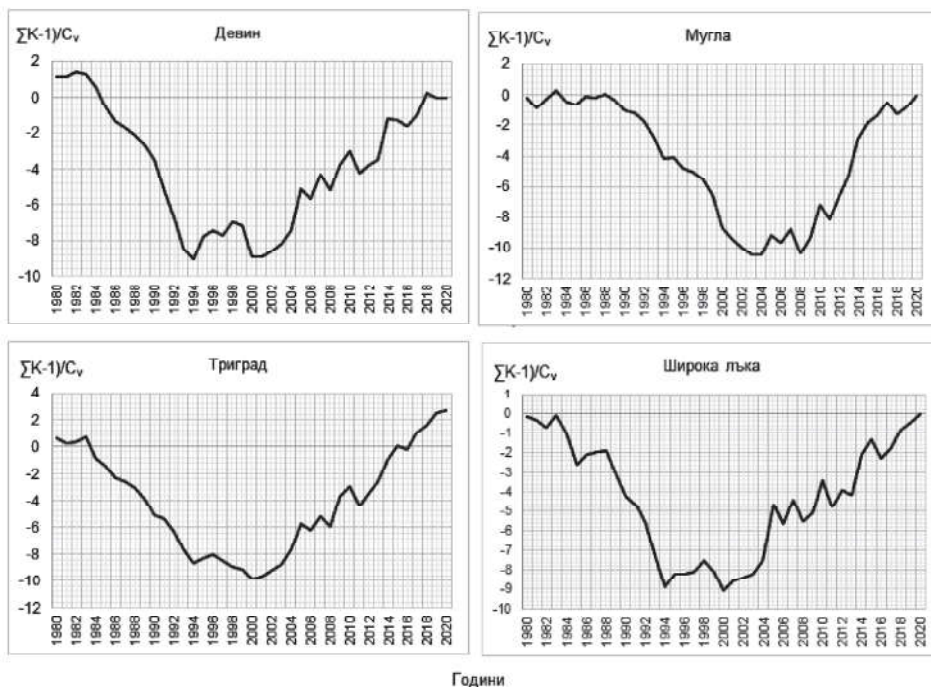
Установените различия в многогодишния режим на валежите в отделните части на Настан-Триградски карстов басейн се доказват и от отклоненията на годишната валежна сума от нормата за периода 1980–2020 г. Отклоненията на годишните валежи спрямо нормата за изчислителния период са в различни граници в отделните части на карстовия басейн: между  $-241,1$  mm и  $308,9$  mm при станция Девин; между  $-484,2$  mm и  $562,2$  mm при станция Мугла; между  $-428,1$  mm и  $430,3$  mm при станция Триград; между  $-241,6$  mm и  $409,2$  mm при станция Широка Лъка. Докато годишните валежи под нормата от 1980 г. до 1993 г. и 1994 г. се проявяват последователно при станциите Девин, Триград и Широка лъка, при станция Мугла за същия период се отчитат и положителни отклонения от средномногогодишната стойност, при това и положителните, и отрицателните отклонения варират в малки граници (фиг. 6).



Фиг. 6. Отклонения на годишната валежна сума от нормата за 1980–2020 г. в Настан-Триградски карстов басейн

Fig. 6. Deviation of annual precipitation from the norm for 1980–2020 in Nastan-Trigrad karst area

Кривите на интегралните разлики на годишната валежна сума показват сходство на негативните и позитивните тенденции в многогодишния ход на валежната сума: при всички дъждомерни станции след 80-те години на миналия век започва трайна тенденция за понижаване на валежите, която продължава до 1993 и 1994 г. при дъждомерните станции Девин и Триград, до 2001 и 2002 г. съответно при наблюдателни пунктове Мугла и Широка лъка. В тази обща тенденция се открояват няколкогодишен многоводен период и продължителен по времетраене маловоден период с различно начало при отделните станции. Негативната фаза в многогодишния ход на годишните валежни суми продължава до 1993 г. (при Девин и Широка лъка), до 1999 г. при Триград и до 2002 г. при станцията при с. Мугла (фиг. 7). Най-синхронна цикличност в многогодишния валежен режим се установява при станциите Девин и Широка лъка, а асинхронност между многогодишното разпределение на валежите – при станция Мугла в сравнение с останалата част от изследваната територия (фиг. 7).



Фиг. 7. Криви на интегралните разлики на годишната валежна сума  
 Fig. 7. Curve of the integral differences of the annual precipitation

След посочените години се проявява тенденция на повишаване на валежите, но до 2010 г. нарастващата сума от отклоненията на валежите от средногодишната стойност за всяка редица от годишни стойности на валежните суми остава под 1,00 (фиг. 6).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Годишната валежна сума в Настан-Триградския карстов басейн – между 660 mm и 970 mm за периода 1980–2020 г., е в съответствие с хипсометричното разположение на изследвания район и закономерно се увеличава от север-северозапад на югоизток, или в посока на нарастване на надморската височина. Валежите през изследвания период варират в сравнително тесни граници, което се доказва от коефициента на вариация със стойности между 0,17 и 0,23, както и от преобладаването на години с валежна сума, отклоняваща се с 25% под и над нормата. Анализът не установява години с валежи под 50% спрямо нормата. През периода 1980–2020 г. се регистрират две години с екстремно висока годишна валежна сума (150% от нормата) – 2010 г. и 2014 г. и само във високопланинската част на карстовия басейн. В многогодишния режим на валежите се установява добре изразен цикъл с негативна фаза от

1980 до 2000 г. и позитивна след 2001 г. Общата посока на изменение на валежите е положителна, с най-слабо изразен тренд във високопланинския хипсометричен пояс.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Антонов, Хр., Д. Данчев. 1980. Подземни води в НРБ. София, Техника.
- Асенов, А. 2019. Биогеография. София, УИ „Климент Охридски“.
- Бендерев, А. 2014. Проучване на трансграничните подземни водни тела между България и Гърция. Презентация. [http://earbd.org/indexdetails\\_file\\_download.php?elem\\_id=672](http://earbd.org/indexdetails_file_download.php?elem_id=672)
- Бендерев, А., Д. Гъбева, П. Стефанов, Б. Великов. 1997. Характеристика на поголемите извори в Настан-Триградския карстов басейн по режима на дебитите им. – *БГД*, 2, 115–121.
- Бендерев, А., Д. Гъбева, П. Стефанов, Б. Великов. 1998. Химичен състав на водите от Настан-Триградския карстов басейн. – *Списание на българското геологическо дружество*, 59(2), 81–88.
- Векилска, Б. 1986. Режим и географско разпределение на снежната покривка в Западните Родопи. – *Год. СУ, ГГФ*, кн. 2 – геогр., т. 76, 63–69.
- Климатичен справочник: Валежи в България. 1990, София: БАН
- Николова, Н., А. Пенков. 2016. Влияние на температурата на въздуха и атмосферната циркулация върху снеговалежите в района на станция Рожен (Западни Родопи). – *Год. СУ, ГГФ*, кн. 2 – геогр., т. 108, 63–69.
- Петкова, Н. 2014. Климатични колебания и изменение на снежната покривка в България. Автореферат.
- Стефанова, Д., П. Стефанов, Г. Желев. 2020. Промени в земното покритие и земеползването в избрани моделни карстови райони на България. – *Проблеми на географията*, 3, 157–186. <https://doi.org/10.35101/prg-2020.3.9>
- Трошанов, Н. 1992. Оценка на подземното дрениране на Севернородопския карст към Горнотракийската низина. – *Инж. геология и хидрогеология*, 22, 10–27.
- Яранов, Д. 1959. Карстовата хидрогеология на горното поречие на р. Кричим – В: Карстовите води България, София, Техника, 52–65.
- Gabeva, D., A. Benderev, K. Spasov, P. Stefanov, B. Velikov. 1995. Characteristics of recharge and discharge of Nاستan-Trigrad karst basin. – In: Proceedings of the XV Congress of Carpatho-Balkan Geological Association, Athaens, Greece. Geol. soc. Greece, Sp. Publ., 4, 885–889.
- Nojarov, P. 2020. Climate and its changes in the period 1979–2018 in selected model karst regions in Bulgaria. – *Проблеми на географията*, 3, 11–28. <https://doi.org/10.35101/prg-2020.3.2>
- Bonacci, O. 1990. Regionalization in karst regions – In: Proceedings of the Ljubljana Symposium, April 1990, IAHS, 191.
- Fiorillo, F., A. Doglion. 2010. The relation between Karst spring discharge and rainfall by cross-correlation analysis. – *Hydrogeol. Journal*, 18, 1881–1895.

- Jukić D., V. Denić-Jukić. 2015. Investigating relationships between rainfall and karst-spring discharge by higher-order partial correlation functions. – *Journal of Hydrology*, 530, 24–36.
- Lixing A., R. Xingyuan, H. Yonghong, J. Y. Tian-Chyi, Zhang B. 2019. Utilizing Precipitation and Spring Discharge Data to Identify Groundwater Quick Flow Belts in a Karst Spring Catchment. – *Journal of Hydrometeorology*, 20(10), 2057–20681 <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0261.1>

## SUMMARY

### ANNUAL PRECIPITATION IN NASTAN-TRIGRAD KARST AREA

This article gives current information on the annual and perennial precipitation cycle in a poorly studied mountain karst area. The study aims to analyze the variability, trend and spatial characteristics of precipitation in the karst region Nastan-Trigrad – one of the largest karst basins in the Rhodope Mountains. Based on the monthly precipitation data for the period 1980–2020, the deviations from the norm and the trend are calculated using the linear regression method. Significant changes in annual precipitation amounts are also analyzed using the integrated difference curve. The annual precipitation values in the karst zone Nastan-Trigrad vary between 662 mm and 971 mm and increase with increasing altitude from north-northwest to south-southeast. The largest interval observed between the maximum and the minimum value of the annual precipitation amount is observed in Mugla, while the lowest is in Shiroka Laka. The coefficient of variation is 0,17–0,23, which indicates very low variability of annual valid amounts in the study area. Most of the annual precipitation fluctuates around the norm, except for two years – 2010 and 2014 at Mugla station, where the precipitation is 150% of the norm. Annual precipitation shows a positive trend for the whole survey period, but two sub-periods stand out: a decrease in precipitation from 1980 to 2000 and an increase after 2000. There is a discrepancy in years with precipitation above and below the norm in different parts of the Nastan-Trigrad karst basin, but in general, synchrony dominates in the multi-year pattern of precipitation. Very well pronounced synchrony in the multi-year course of precipitation amounts is observed in the Devin and Shiroka Laka stations. The result indicates positive consequences for karst waters and runoff in the karst basin Nastan-Trigrad.