



Heavy rainfall in Karlovo valley in September 2022

Viktoria Kleshtanova^{1,2,*}, Boryana Markova¹, Anastasiya Kirilova¹

¹*National Institute of Meteorology and Hydrology,
Tsarigradsko shose 66, 1784 Sofia, Bulgaria*

²*Faculty of Physics, Sofia University, James Bourchier 5, 1164 Sofia, Bulgaria*

Abstract: The synoptic situation at the beginning of September 2022, which led to significant precipitation in the Karlovo valley, was analysed. 24-hour rainfall amount of more than 200 mm were recorded, which is an event exceeding the climatic precipitation characteristics established for the region, including the rare events. The synoptic situation is based on a cyclogenesis in the Gulf of Genoa, and cyclone which passes through the southern regions of the Balkans towards the Black Sea. The precipitation is related to the formed convergent zone over Bulgaria and to the divergence on the 300 hPa level. From the analysis of the radar images, high reflectance values were found, a characteristic of the developing very strong convective cloudiness, which produced heavy rain. The reverse trajectories established that the main direction of air mass 72 hours before the realized significant amount of precipitation was east-northeast. The comparison with the monthly rainfall normals in the area of Karlovo showed almost 4 times exceeded values in 16 hours

Keywords: Heavy rain, extreme event, synoptic analysis, back trajectories.

Значителни валежи в Карловската котловина през септември 2022 г.

Виктория Клещанова^{1,2,*}, Боряна Маркова¹, Анастасия Кирилова¹

¹*Национален институт по метеорология и хидрология,
Цариградско шосе 66, 1784 София*

²*Физически факултет, Софийски университет, „Св. Климент Охридски“,
Джеймс Баучър 5, 1164 София*

* Viktoria.Kleshtanova@meteo.bg

Резюме: Анализирана е синоптична обстановка в началото на септември 2022 г., довела до значителни валежи в Карловската котловина. Регистрирани са 24-часови количества на валежа над 200 mm, което е събитие, надхвърлящо установените за района климатични валежни характеристики, включително и редки явления. Реализираната синоптична обстановка е по формирал се в Генуезкия залив циклон, който преминава през южните райони на Балканите към Черно море. Падналите валежи са свързани със създалата се над страната ни конвергентна зона и с разходимост в полето на геопотенциала на изобарна повърхнина 300 hPa. От направения анализ на радарните изображения са установени високи стойности на отражаемост, характерни за развита мощна конвективна облачност, от която вали интензивен дъжд. С помощта на обратни траектории е установено, че основната посока на пренос на въздушните маси 72 часа преди реализираните значителни валежи е изток-североизток. Сравнението с месечните норми на валежите в района показва почти 4 пъти надхвърлени стойности за 16 часа.

Ключови думи: Значителни валежи, екстремни явления, синоптичен анализ, обратни траектории.

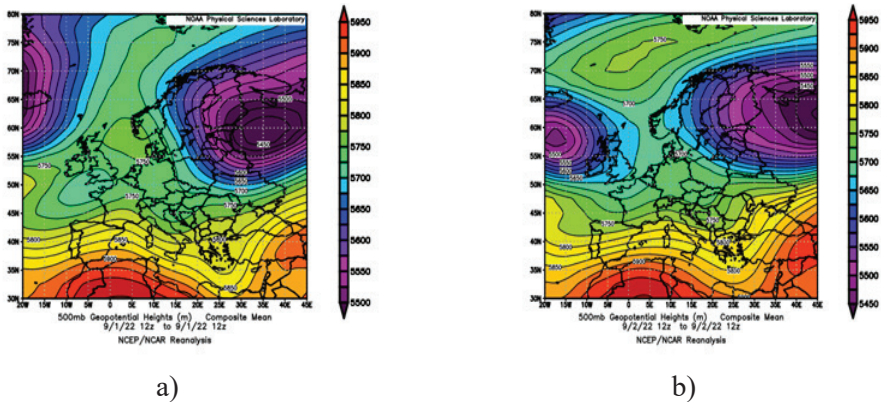
1. УВОД

Проявите на метеорологичното време в България при преминаване на средиземноморски циклони през Балканите е обект на описание и изследване от началото на издаването на синоптични прогнози в страната ни. Пътищата на центровете на тези циклони са описани, в повечето случаи с добре известни резултати във валежно отношение. Последната работа по проследяване на траекториите на средиземноморските циклони е на Стоев (2021). С развитието на въпросите, свързани с промените в съвременния климат и в нашата страна често възникват въпроси по отношение на честотата на реализиране на екстремни валежи и пораженията от тях, особено в частта, свързана и с човешката дейност.

Целта на настоящата работа е да се направи синоптичен анализ на валежна обстановка в началото на септември 2022 г., довела до значителни щети за селища в Карловската котловина с регистрирани 24-часови валежни количества от 200 mm. През 2014 г. климатично изследване, обхващащо периода 2003-2012 г. за района на Карловското поле (Гочева и др., 2014) установява, че: 1) денонощни количества на валежи над 10-15 mm вече се явяват екстремни и 2) стойностите на 24-часовите валежни количества с повтораемост веднъж на 100 години могат да достигнат до 100-130 mm. В полза на настоящото изследване и за разкриване на допълнителни подробности по динамиката в предходните на възникналата валежна обстановка 72 часа, са изчертани и обратните траектории на въздушните маси с помощта на модела HYSPLIT на Националната океанска и атмосферна администрация (Draxler and Rolph, 2010). За анализа на синоптичната обстановка се ползват известните в синоптичната практика аналитични похвати.

2. СИНОПТИЧНА ОБСТАНОВКА

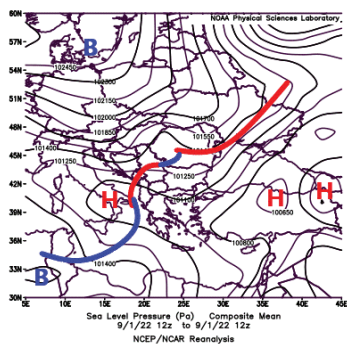
На 31 август 2022 г. към Централното Средиземноморие във височина на изобарна повърхност 500 hPa от север се спуска барична долина, която на 1 и 2 септември се премества на изток и повлиява времето на Балканския полуостров (фигура 1a и 1b). В приземния слой на атмосферата в района на Генуезкия залив се формира плитък циклон, който бавно се премества на изток-югоизток през Италия, където задълбава, а впоследствие преминава през южната част от Балканския полуостров и на север към Черно море като се запълва (фигура 2, фигура 3a и 3b).



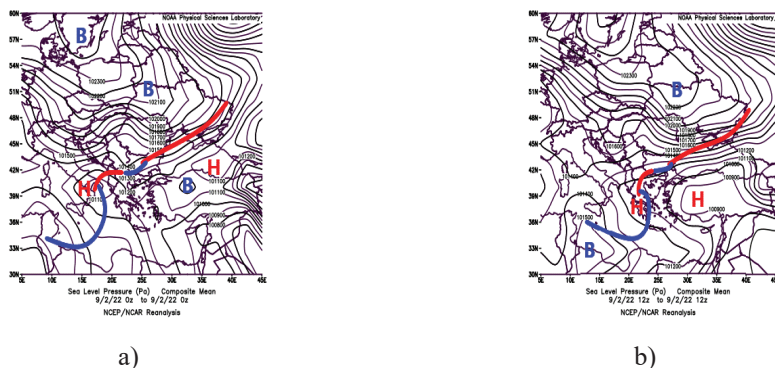
Фиг. 1. Геопотенциална височина на изобарна повърхност 500 hPa (черен контур и цветна скала) в 12 UTC на: а) 01.09.2022 г., б) 02.09.2022 г. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>

Fig. 1. 500 hPa Geopotential height (black contours and color scale) in 12 UTC on: а) 01.09.2022, б) 02.09.2022. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>

На 1 и 2 септември 2022 г. при преминаването на фронталната система, свързана със средиземноморския циклон, в Централна България се създава конвергентна зона (фигури 2, 3a и 3b). В северозападната част от страната приземният вятър е от северозапад, а в останалата, попадаща под влияние на периферията на циклоналният вихър, от изток-североизток.

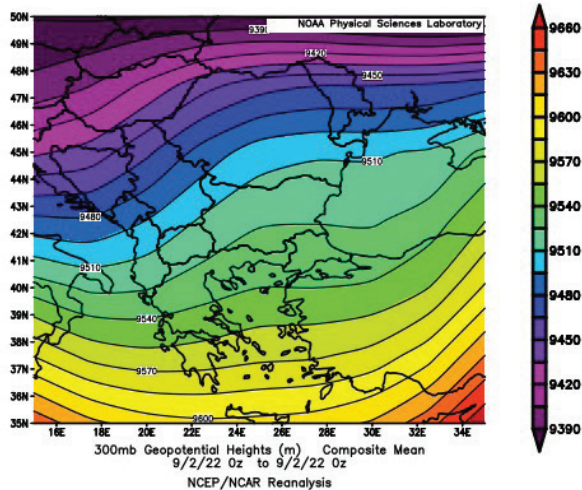


Фиг. 2. Приземно барично поле (черен контур) с обозначени центрове на ниско (H) и високо (B) налягане и фронтална система на 01.09.2022 г. в 12 UTC; червени контури – топъл фронт, сини контури – студен фронт. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>
Fig. 2. Mean sea level pressure with marked lows (H) and highs (B) and frontal system on 01.09.2022 at 12 UTC; red contours – warm front, blue contours – cold front. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>



Фиг. 3. Приземно барично поле (черен контур) с обозначени центрове на ниско (H) и високо (B) налягане и фронтална система на 02.09.2022 г. а) в 00 UTC, б) в 12 UTC; червени контури – топъл фронт, сини контури – студен фронт. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>
Fig. 3. Mean sea level pressure with marked lows (H) and highs (B) and frontal system on 02.09.2022 а) at 00 UTC, б) at 12 UTC; red contours – warm front, blue contours – cold front. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>

На изобарна повърхност 300 hPa през този период въздушният поток е разходим (фигура 4). В комбинация с приземната конвергенция, се създават условия за развитие на мощна конвекция в Централна България, което е причина за продължителни и интензивни валежи в Карловската котловина.



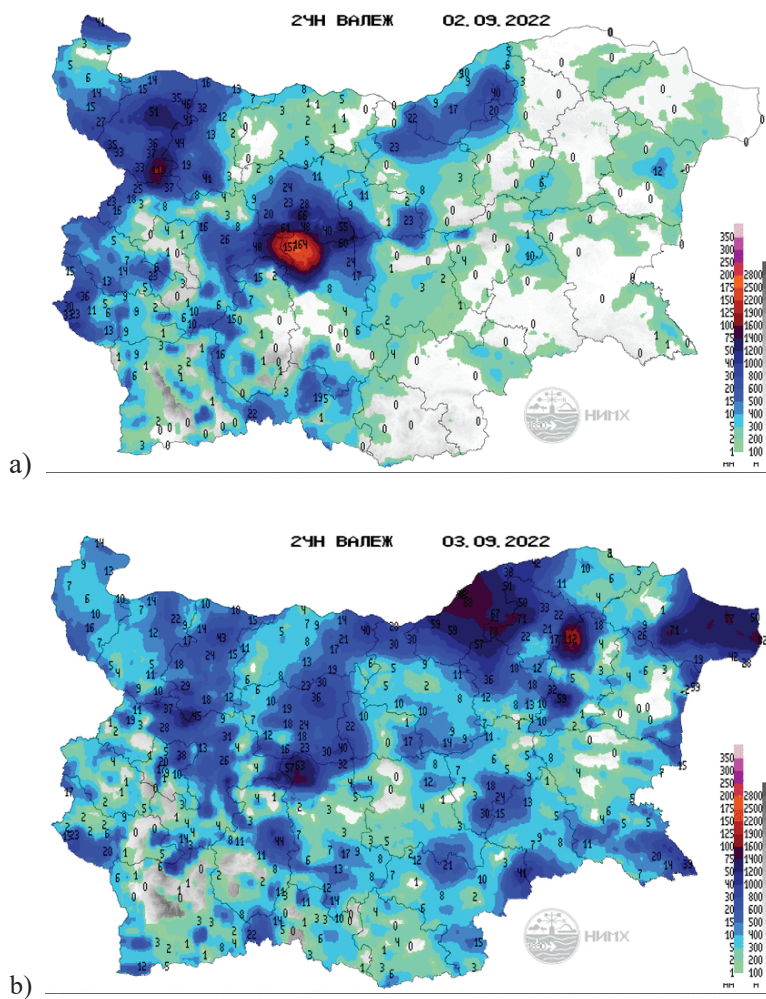
Фиг. 4. Геопотенциална височина на изобарна повърхност 300 hPa (черен контур и цветна скала) на 02.09.2022 г. в 00 UTC. <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>.

Fig. 4. 300 hPa geopotential height on 02.09.2022 at 00 UTC (black contour and color scale). <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/>.

3. ВАЛЕЖИ

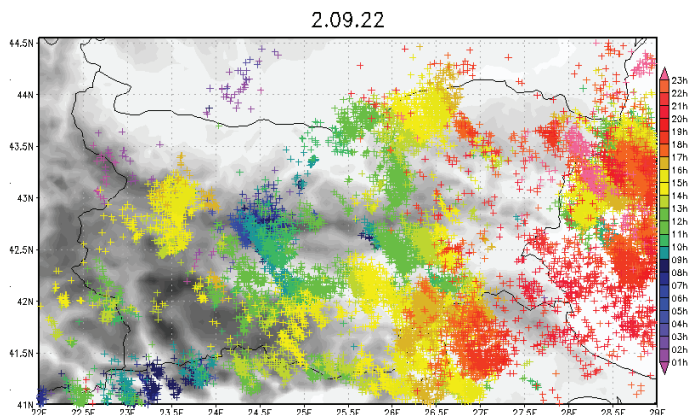
В късния следобед на 1 септември 2022 г. се развива купеста и купесто-дъждовна облачност и започва да вали дъжд. Към 21 UTC на същата дата валежите се активизират и до около 06 UTC на 2 септември са с интензивен характер. Значителни количества има регистрирани в ранните сутрешни часове (фигура 5а), когато се наблюдава и активна гръмотевична дейност (фигура 6). По информация на метеорологичния радар на команден пункт Голям чардак, област Пловдив, ИА „Борба с градушките“, в максималното си развитие облачните клетки достигат до височина около 11 km, а максималната радиолокационна отражаемост е 50 dBz (фигура 7а).

На 2 септември 2022 г. валежите в района продължават (фигура 5б). Около обяд се развива мощна купесто-дъждовна облачност. Регистрираната максимална отражаемост на облачната клетка е 60 dBz (фигура 7б), което означава наличие на градови зърна, ледени кристали и големи водни капки. При развитие на купесто-дъждовна облачност с посочените характеристики съпътстващите метеорологични явления са интензивни краткотрайни валежи от дъжд, градушка и временно усилване на вятъра. След обяд валежите отслабват и постепенно спират.

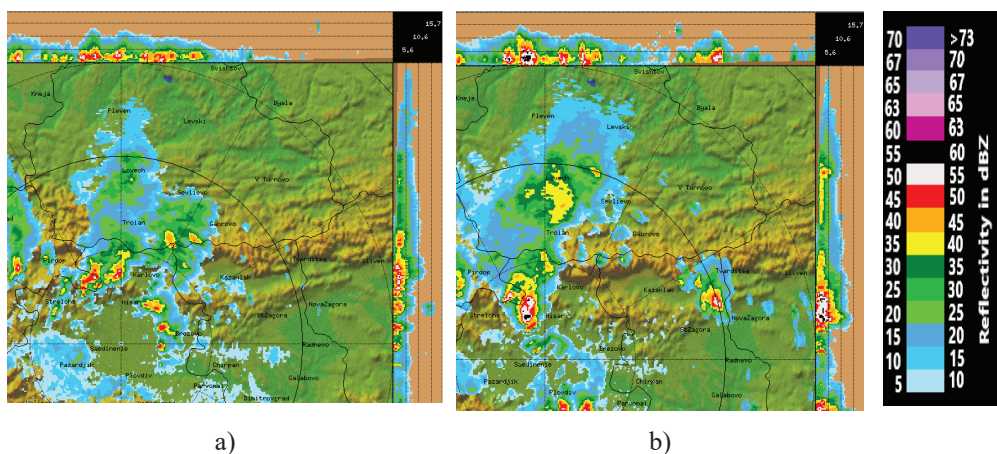


Фиг. 5. Сумарно количество на валежите от а) 08 ч. на 01.09.2022 г. до 08 ч. на 02.09.2022 г. и б) 08 ч. на 02.09.2022 г. до 08 ч. на 03.09.2022 г. по оперативни данни на НИМХ. Цветната скала показва количеството на валежите, а сивата – надморската височина.

Fig. 5. Amount of precipitation from a) 01.09.2022 at 08 EEST to 02.09.2022 at 08 EEST and b) 02.09.2022 at 08 EEST to 03.09.2022 at 08 EEST according to NIMH operational data. The color scale shows the amount of precipitation, and the gray scale shows the altitude.



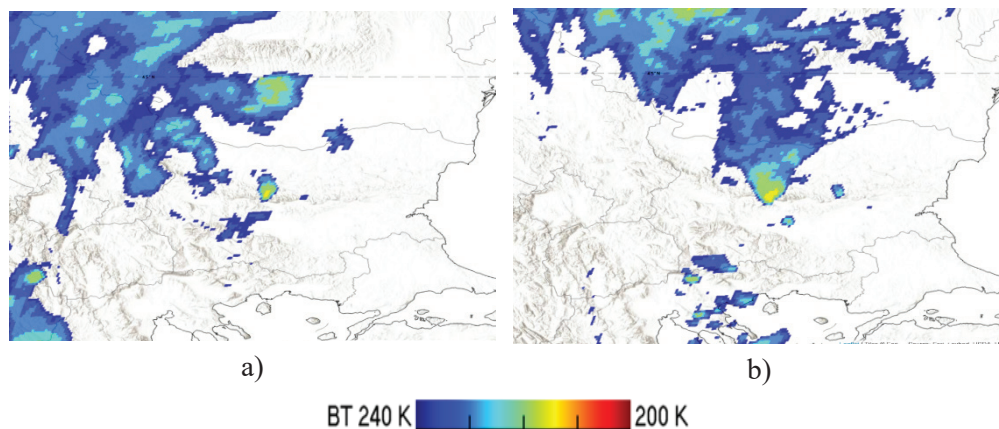
Фиг. 6. Регистрирани мълнии на 02.09.2022 г. по оперативни данни на ATDnet.
Fig. 6. Flashes location on 02.09.2022 according to operational data of ATDnet.



Фиг. 7. Радиолокационна отражаемост от метеорологичен радар на команден пункт
Голям чардак, област Пловдив, ИА”Борба с градушките”
на 02.09.2022 г. а) 07:00 ч. и б) 12:06 ч.

Fig. 7. Radar reflectivity from meteorological radar located at Golyam chardak, district of
Plovdiv, Agency Nail Suppression on 02.09.2022 at a) 07:00 EEST and b) 12:06 EEST

Развитието на мощна купесто-дъждовна облачност може да се проследи и от сателитни изображения (enhanced IR 10.8). Валежната зона, причинила наводнението, остава в района на Карлово 16 часа (по сателитните изображения от 21 UTC на 01.09.2022 г. до 12 UTC на 02.09.2022 г.) и се развива, фигури 8а и 8б, които са съответно от 03 UTC и от 09 UTC.



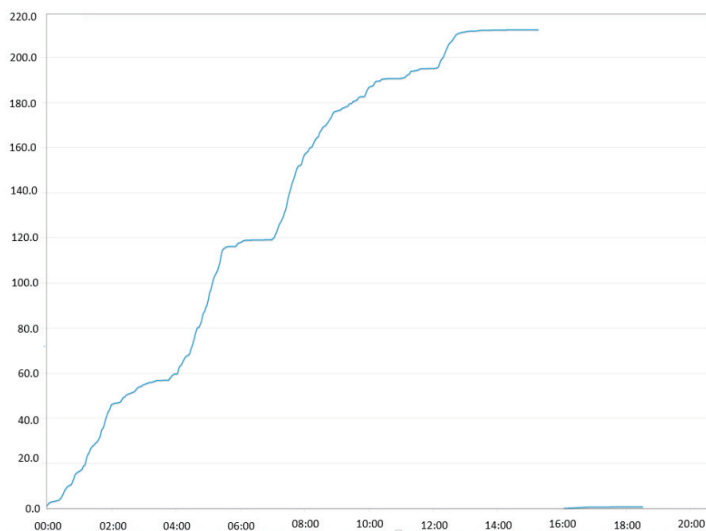
Фиг. 8. Инфрачервена снимка от сателит (цветната скала в К) в а) 03 UTC и б) 09 UTC на 02.09.2022 г., <https://eumetrain.org/>.

Fig. 8. IR 10.8 Image on 02.09.2022 at a) 03 UTC and b) 09 UTC, <https://eumetrain.org/>.

На 2 септември 2022 г. в часовете около и след обяд мощна конвективна облачност се развива и над Североизточна България. Температурите в по-голямата част от страната се понижават значително, между 5 и 8 градуса.

Най-големите количества на валежите, измерени в мрежата на НИМХ за цялата обстановка, са в с. Розино 231 mm, в с. Клисура 221 mm, Априлци (Ловеч) 144 mm, Шипково (Ловеч) 130 mm, Рибарица (Ловеч) 114 mm, Венец (Шумен) 112 mm, Черни Осъм (Ловеч) 108 mm, Ветово (Русе) 107 mm, Цар Калоян (Разград) 99 mm.

В дъждомерна станция Клисура (фигура 9) от автоматичната наблюдателна система на НИМХ началото на валежа е регистрирано малко преди 00 ч. За два часа количеството на валежа е над 40 mm, а през следващите почти 4 часа има отчетени още около 80 mm и така до около 06 ч., общото количество е близо 120 mm. След временно спиране (до около 07 ч.) валежът отново се активизира и около 15 ч. количеството вече е 221 mm (Месечен хидрометеорологичен бюлетин, НИМХ). В същата станция в предишни години също са отчитани значителни количества на валежите. От 1906 г. (началото на измерванията) до наши дни са отчетени 20 случая с количество на валежа над 65 mm (Таблица 1) – количества, които съответстват на предупреждение от трета степен (червен код) спрямо МЕТЕОЛАРАМ за България (<https://www.meteoalarm.org/en/>).



Фиг. 9. Количество на валежа в mm в дъждомерна станция Клисуре от 00 ч. до 20 ч. местно време на 2.09.2022 г.

Fig. 9. Amount of precipitation in mm at Klisura precipitation measuring station from 00 to 20 h local time on 2.09.2022.

Таблица 1. Количество на валежа над 65 mm по данни на НИМХ.

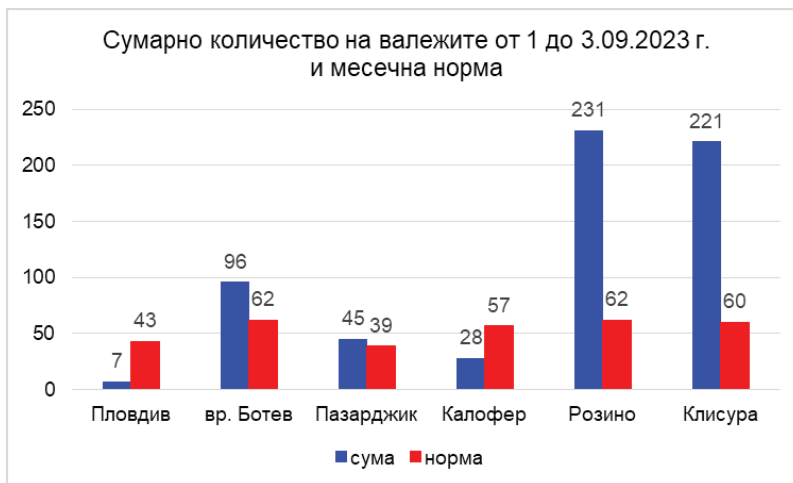
Table 1. Amount of precipitation over 65 mm according to NIMH data.

Година	Месец	Дата	Валеж [mm]
1906	6	5	82.1
1906	8	20	69
1915	6	29	65.2
1915	7	20	71.8
1916	9	2	104
1922	10	15	72.5
1926	8	10	116
1935	8	1	65
1944	9	5	71.5
1944	9	6	89.4

Година	Месец	Дата	Валеж [mm]
1947	6	25	66
1949	8	20	69
1954	11	6	83
1957	6	27	97.6
1969	9	7	85
2000	2	4	70.5
2014	7	29	126
2014	9	3	72.6
2014	9	6	74.2
2016	7	16	118.2

Фигура 10 показва, че в с. Розино и с. Клисуре измерените количества на валежите за 16 часа надвишават с около 4 пъти месечната норма на валежите в съответната станция. Валежи от дъжд има и на други места в Пловдивска област,

както и в област Пазарджик, но със значително по-малки количества, в сравнение с тези в Карловската котловина.



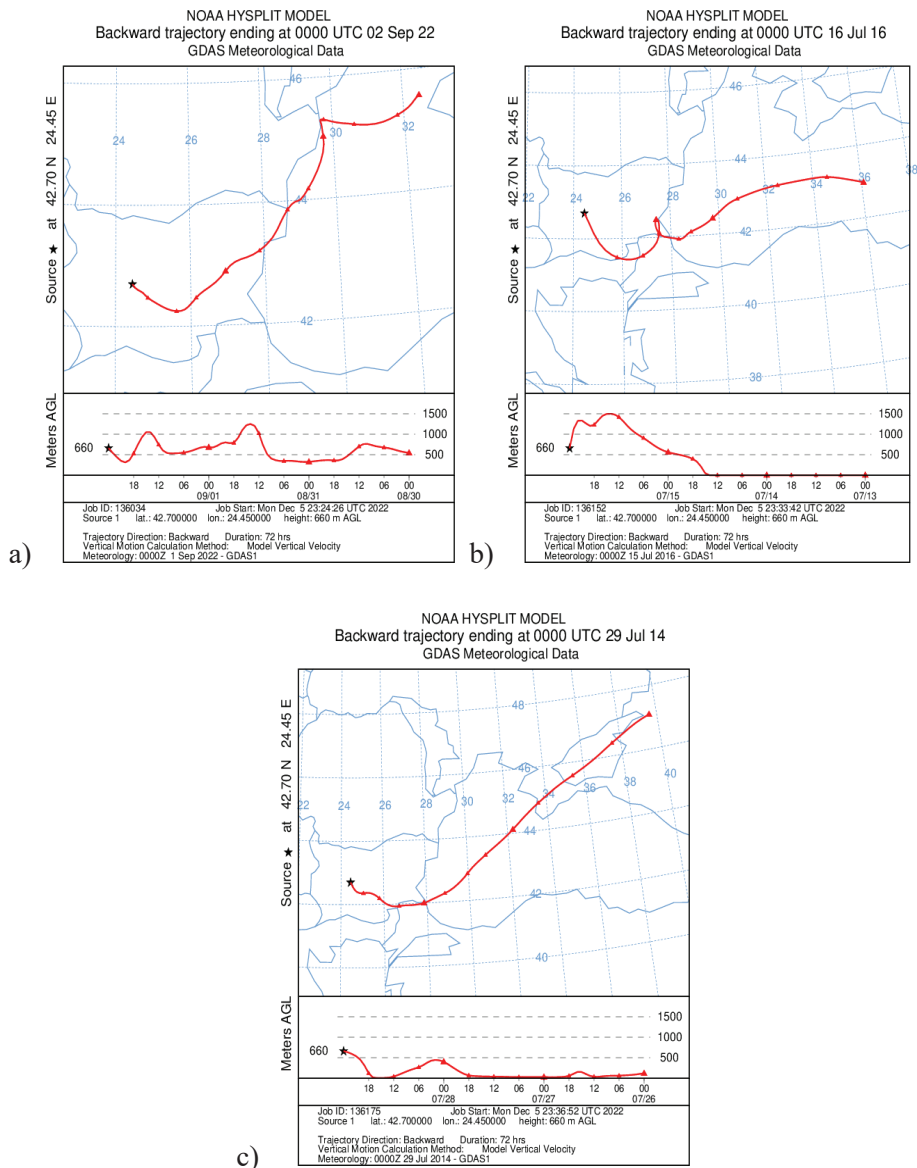
Фиг. 10. Сумарно количество на валежите, измерено в станции на НИМХ от 06 UTC на 01.09.2022 г. до 06 UTC на 03.09.2022 г. (сини стълбчета) и месечната норма на валежите за периода 1991-2020 г. (червени стълбчета).

Fig. 10. Amount of precipitation from 01.09.2022 at 06 UTC to 03.09.2022 at 06 UTC (blue bars) and monthly mean for the period 1991-2020 (red bars).

4. ОБРАТНИ ТРАЕКТОРИИ НА ВЪЗДУШНИТЕ МАСИ

На фигура 11 са представени обратните траектории на въздушните маси с помощта на модела HYSPLIT на Националната океанска и атмосферна администрация (Rolph, G.D., 2010). Избраната продължителност на траекторията е 72 часа назад, тъй като този период добре описва пътя на въздушните маси над Европа и е представителен за развитието на синоптични процеси. Всяка точка от траекторията отговаря на 6-часов интервал от време. Обратните траектории достигат град Клисурса ($42^{\circ}41'38''$ N и $24^{\circ}26'57''$ E, 660 m) в 00 UTC във всичките представени случаи. На фигура 11а е изчертана обратната траектория в деня на разглежданата обстановка, при която валежите започват около 00 UTC на 2 септември 2022 г., както се вижда на фигура 9. Траекторията води началото си от североизток спрямо страната ни. За сравнение, на фигури 11b и 11c са показани обратните траектории при предходни синоптични обстановки с отчетено количество валеж в Клисурса над 100 mm, видно от Таблица 1, съответно на 16 юли 2016 г. и 29 юли 2014 г. В тези случаи траекторията на въздушната маса е с начало на изток и североизток, съответно, като по-голяма част от нея (42 и 48 часа) е над Черно море. При обстановката, обект на настоящата работа, при която са регистрирани и

най-големи количества валеж, 2 септември 2022 г, по възстановената траектория въздушната маса води началото си от около 500 m надморска височина, докато в останалите две – от ниво, близко до 0 m.



Фиг. 11. Обратни траектории, достигащи град Клисура в 00 UTC на а) 2.9.2022 г., б) 16.7.2016 г., в) 29.7.2014 г.

Fig. 11. Backward trajectories reaching Klisura at 00 UTC on а) 2.09.2022, б) 16.07.2016, в) 29.07.2014 г.

В посочените синоптични обстановки значителни по количество валежи в гр. Клисурса са регистрирани при поток от изток и североизток по възстановените обратни траектории за 72 часа преди настъпване на събитието. Необходими са допълнителни изследвания, разкриващи връзката между развитието на средиземноморските циклони и възстановените обратни траектории при конкретни синоптични обстановки с реализирани значителни валежи.

5. ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ЗНАЧИТЕЛНИТЕ ВАЛЕЖИ

Пороят в западната част на община Карлово води до скъсана дига на река Стряма и частично бедствено положение за всички западни села: Розино, Слатина, Столетово, Каравелово и Богдан, обявено рано сутринта на 2 септември 2022 г. Материалните щети са значителни: село Богдан е изцяло залято от вода и откъснато от суша, разрушени са къщи, отнесени са мостове, пътищата са непроходими, спрян е железопътният транспорт, както и електрозахранването, прекъснато е водоснабдяването (фигура 12). Около 20 души са спасени с хеликоптер от най-пострадалото село Богдан, а мнозина от останалите села са евакуирани с лодки. На фигура 13 са показани щетите в с. Каравелово.

На помощ на пострадалите се отзовават десетки екипи на МВР и ГДПБЗН от Пловдивска област. На място, още от началото на бедствието, помагат и 85 войници и 13 единици техника от състава на 61-ва Стрямска механизирана бригада. От първия ден десетки, а в следващите дни и стотици доброволци се включват в разчистването на пораженията.

Повече от два месеца след бедствието продължава отстраняването на щетите и монтирането на временни постройки за живеене през зимата.



Фиг. 12. Улиците на село Богдан. Източник: <https://www.24chasa.bg>
Fig. 12. The streets of Bogdan village (<https://www.24chasa.bg>)



Фиг. 13. Село Карвелово. Източник: <https://www.dnevnik.bg>
Fig. 13. Karavelovo village (<https://www.dnevnik.bg>)

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направения анализ на метеорологичната обстановка за периода от 1 до 3 септември 2022 г. се установява, че при преминаването на средиземноморски циклон през южните райони на Балканския полуостров, в Централна България се образува конвергентна зона и в Карловската котловина има значителни валежи от дъжд. Измерените количества от порядъка на 200 mm са изключително големи за района и са довели до наводнение със значителни щети. Такива 24-часови количества на валежите по климатични характеристики надхвърлят до 2 пъти редките събития (случващи се веднъж на 100 години) с валежи над 100-130 mm. Обратните траектории при анализа на синоптичната обстановка от 2-3 септември 2022 г., както и при две предходни обстановки със значителни валежи, показват изток-североизточна посока на потока 72 часа преди събитието. Потвърждава се известното в оперативната практика правило, че синоптичните обстановки с развитие и преминаване на средиземноморски циклон през или в близост до страната ни и свързаната с него фронтална система, водят до значителни валежи с екстремни количества. Описанието и изследването на подобни обстановки подпомагат познанието ни за реализираното метеорологично време при конкретната циркулация, обогатяват информацията за климатичните характеристики, касаещи екстремните 24-часови суми на валежите в България и подпомагат бъдеща работа по превенция и защита от пораженията, неминуемо възникващи при тях.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват своята благодарност към Националната океанска и атмосферна администрация (NOAA) на САЩ за предоставянето на модела HYSPLIT, използван в тази публикация.

ЛИТЕРАТУРА

- Гочева А, Денев Т., Димитров Цв., (2014) Някои специализирани климатични характеристики за екстремни условия в полето на валежите в района на Карловското поле, *Bul. J. Meteo & Hydro*, 19/1-2, 54-62.
- Месечен хидрометеорологичен бюлетин. Национален институт по метеорология и хидрология, септември 2022 г., София, печатно издание: ISSN 1314-894X, онлайн издание: ISSN 2815-2743, <http://bulletins.cfd.meteo.bg/>.
- Стоев, К. (2021), Средиземноморски циклони и опасни метеорологични явления – фьонът в София, Дисертационен труд, Софийски университет “Св. Климент Охридски”.
- Draxler, R.R. and Rolph G.D., 2010. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, College Park, MD.
- Rolph, G.D., 2010. Real-time Environmental Applications and Display sYstem (READY) Website (<<https://www.ready.noaa.gov>>). NOAA Air Resources Laboratory, College Park, MD
- <https://psl.noaa.gov/data/composites/hour/> (достъпен на 22.12.22).
- <https://www.meteoalarm.org/en/> (достъпен на 22.12.22).
- <https://eumetrain.org/> (достъпен на 22.12.22).
- <https://www.24chasa.bg> (достъпен на 22.12.22).
- <https://www.dnevnik.bg> (достъпен на 22.12.22).