



Thunderstorms and strong wind gusts in Burgas district on 17th September 2022

Georgi Tsekov*, Martin Slavchev, Mariyana Popova

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

Abstract: On the 17th of September 2022 many thunderstorms were observed on the territory of the Republic of Bulgaria, the most severe of them being in the south-east part of the country. It was accompanied by extremely stormy wind with strong gusts (squall), which caused significant material damages in Burgas district. The outputs of the meteorological weather-forecast models had predicted such phenomena, but less intensive and even not in the same country area. Because of its rare scale and intensity, it's highly important to study this extreme meteorological event, which could contribute to better understanding, comparison and effective forecasting phenomena of such type. In this article a summarized analysis was made in order to be described the conditions of formation, as well the dynamics and evolution of the multi-cell convective system. An unambiguous results or conclusions of such type of research couldn't be expected. In the introduction, a general description of the material damages is synthesized. A comparison with scientific papers focused over the convective storms in Bulgaria is made. Surface synoptic analysis is made, also one relative to the upper atmosphere and the respectively charts and maps are included. Actual observations, both direct and remote are examined and interpreted. Model generated reanalysis of some meteorological elements is used. The passing atmosphere front and high air mass instability are stated as substantial causes for the severe thunderstorm formation.

Keywords: squall, strong wind, thunderstorm, wind gusts, multi-cell convective system

* Georgi.Tsekov@meteo.bg

Гръмотевични бури и шквал в област Бургас на 17-ти септември 2022 г.

Георги Цеков*, Мартин Славчев, Марияна Попова

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

Резюме: На 17.09.2022 г. на територията на страната се развиват множество гръмотевични бури, най-мощната от които е в Югоизточна България. Придружаващият я особено силен и поривист вятър (шквал) нанася значителни материални щети в област Бургас. Прогностичните метеорологични модели са предвидили подобни явления, но с по-малък интензитет и то за други райони на страната. Поради своя мащаб и интензитет, е важно да се направи изследване на това екстремно метеорологично събитие, което би могло да допринесе за по-добро разбиране, сравнение и ефективно прогнозиране на явления от такъв тип. В настоящата статия е направен обобщен анализ с цел да се опишат, както условията за възникване, така и динамиката и еволюцията на конвективната многоклетъчна система. Характерът на изследването не предполага извеждането на еднозначен извод или резултат. В увода е синтезирано общо описание на материалните щети от бурята. В настоящата работа е направено сравнение с научни трудове касаещи конвективни бури в България. Направен е приземен синоптичен анализ на обстановката, както и такъв отнасящ се за високата атмосфера и са приложени съответните карти. Разгледани са и са интерпретирани фактически наблюдения, преки и дистанционни. Използван е моделно генериран реанализ на някои метеорологични елементи. Като основни причини за възникването на мощната буря са посочени преминаващия атмосферен фронт и силната неустойчивост на въздушната маса в разглеждания район.

Ключови думи: шквал, силен вятър, гръмотевична буря, многоклетъчна конвективна система

УВОД

Конвективните процеси в България са обект на изследване в дисертационния труд на Маркова (2013) и Бочева (2014). Както в много други страни, през последното десетилетие се наблюдава увеличение на интензивността на градушките и проливните дъждове в България, (Bocheva et al., 2018; Dimitrova et al., 2009), които изследват синоптичните обстановки за 155 дни с валежи над част от Горнотракийската низина в България за периода от май до септември за годините 2002–2006 и проведените анализи показват, че средните стойности и праговете на CAPE и LI през дните с градушка са подобни на съответните им стойности, определени за развитие на гръмотевични бури в други региони на Европа. Резултатите показват, че нито един от анализирания индекси на неустойчивост

или елементи на околната среда сам по себе си не позволява да се определи вида на валежите на земята. Географското разположение и разнообразният терен на България характеризират високата честота и интензивност на гръмотевичните бури и градушките. Немалка част от тези явления представляват риск за публичното и частно имущество, както и за безопасността и здравето на гражданите. Това изисква да бъдат анализирани синоптичните обстановки и условията, при които конкретните явления са възникнали, както и динамиката и еволюцията след образуването им. Високо-рисков конвективен процес се реализира на 17.09.2022 г., когато над Югоизточна България се развива мощна купесто-дъждовна облачност и гръмотевична буря. Вятърът е силен и поривист, регистриран е и шквал. В денонощния дежурен център на община Бургас от 17.09 до 19.09.2022 г. са получени 544 сигнала за инциденти, от които: за паднали дървета са 326, за увредени частни имоти, паднали билбордове, мазилки - 141, за скъсани проводници и липса на ел. захранване - 63. Нанесени са щети по общинската и градска пътна мрежа. На места пътната инфраструктура е била непроходима от паднали дървета, клони и билбордове. Повредени са фасади и покриви на десетки общински сгради - училища, детски градини, ясли и лечебни заведения (снимка 1 и снимка 2). Нарушено е електрозахранването в много околни села и квартали на град Бургас. По информация от пресцентъра на община Поморие над 1500 дка лозови масиви са унищожени (снимка 3).



Снимка 1: Паднали дървета и клони възпрепятстват автомобилния трафик на път E773 на входа на гр. Бургас. Източник вестник Труд

Picture1: Source - Trud



Снимка 2: Щети върху частни и публични обекти вследствие на бурята. Източник: Traffic News
Picture 2: Damaged private and public properties due to the storm. Source - Traffic News

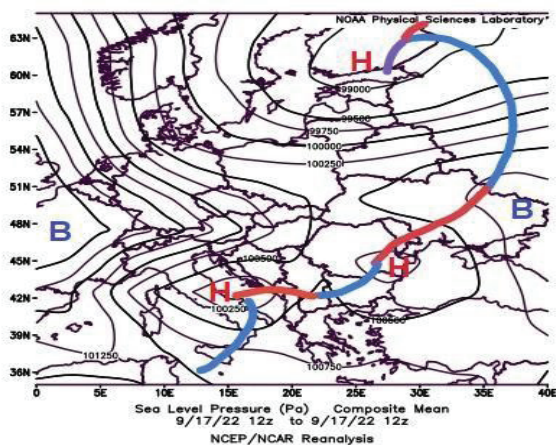


Снимка 3: Повредени лозови насаждения в община Поморие. Източник: БГНЕС
Picture 3: Damaged vineyard in Pomorie Municipality. Source - BGNES

1. АНАЛИЗ НА СИНОПТИЧНАТА ОБСТАНОВКА

На 16 и 17.09.2022 г. времето на Балканския полуостров се определя от обширна многоцентрова област на ниско атмосферно налягане, с основен център над Финския залив в Балтийско море (фигура 1). Вторичен център на ниско налягане се формира над Адриатическо море и с него е свързана фронталната система, която се приближава и впоследствие преминава през страната. Едно от явленията, които предизвиква е разглежданата гръмотевична буря и шквал.

На 16.09.2022 г., в челото на висока барична долина, над Балканите се пренася горещ въздух и в страната максималните температури са между 30° и 35°, в Хасково 37°. В този ден преминава и първото атмосферно смущение, по което се развива купесто-дъждовна облачност. На места в Западна България са регистрирани валежи с количества между 1 и 5 mm, в Божурище 6 mm, в Драгоман 10 mm. С преминаване на смущението в страната започва нахлуване на хладен въздух и в северозападните райони дневните температури вече са 26°C - 29°C, с 4°C до 7°C по-ниски в сравнение с предишните дни.



Фиг. 1. Фронтален анализ на карта Европа; черни непрекъснати линии - приземно атмосферно налягане (Pa); с червено и синьо са съответно студен и топъл атмосферен фронт. Буква “H” означава център на ниско налягане, буква “B” – център на високо налягане. (Източник: NCEP/NCAR)

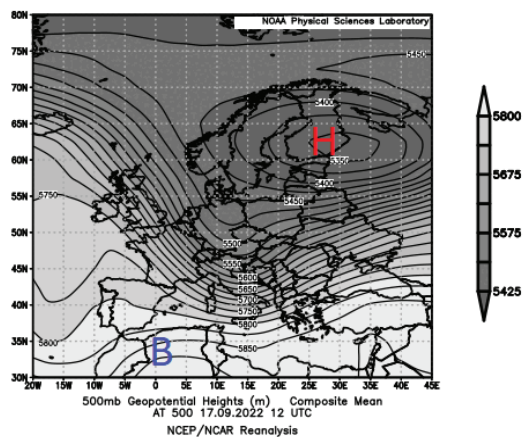
Fig. 1. Surface frontal analysis over Europe. Black lines - MSLP (Pa), red line - warm atmospheric front, blue line cold - atmospheric front. H - low pressure system, B - High pressure system. (Source - NCEP/NCAR)

На 17.09.2022 г. фронталната система бавно се придвижва през страната от северозапад на югоизток, както се вижда на фигура 4а и 4б. През по-голямата част от деня над област Бургас е слънчево и температурите са високи (максимална в Бургас е 29,1°) Приземното налягане се понижава и се създава силна атмосферна

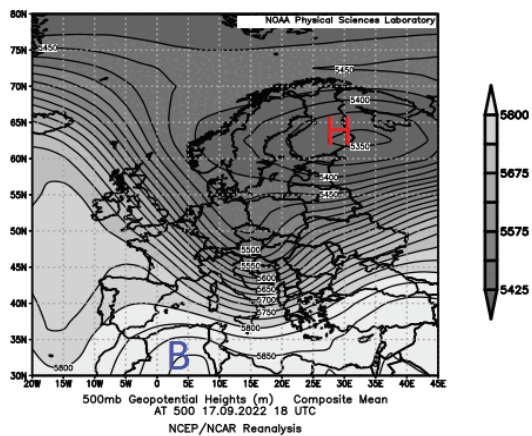
неустойчивост, която при приближаването и преминаването на фронта подобрява условията за развитие на мощна купесто-дъждовна облачност по линията на фронта.

1.1. Циркулация на изобарна повърхност 500 hPa

В 12 UTC на 17.09.2022 г. Балканите попадат в челото на дълбока и обширна барична долина, чиято ос е разположена от Германия на север до остров Сицилия на юг (фигура 2а). До полунощ оста на баричната долина минава през Западните Балкани (фигура 2б).



a)



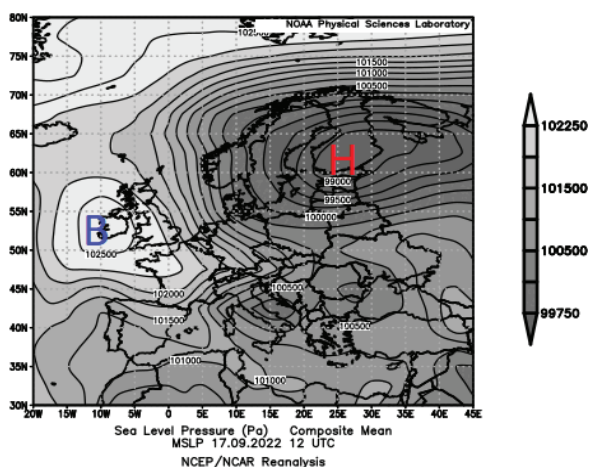
б)

Фиг. 2. Абсолютна топография над Европа на изобарна повърхнина 500 геопотенциални декаметри. а) 12 UTC и б) 18 UTC на 17.09.2022 г. Н – център на ниско налягане, В – център на високо налягане

Fig. 2. 500 mb Geopotential height (m) of Europe for a) 12 UTC and b) 18 UTC on 17.09.2022, H - low pressure system, B - High pressure system.

1.2. Тип приземна циркулация

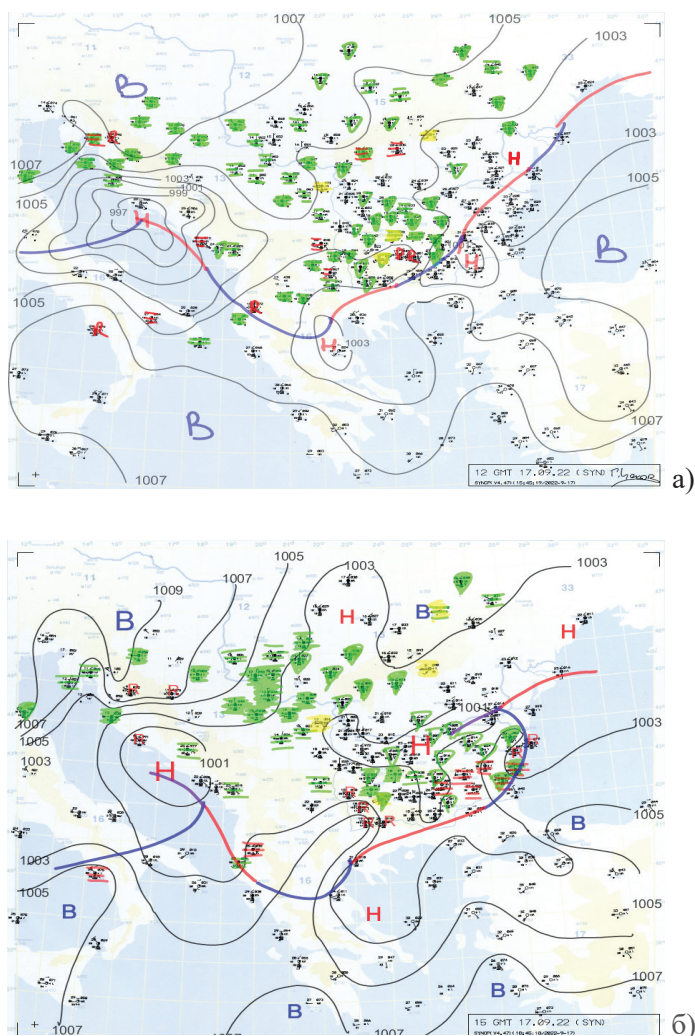
При земята баричното поле е разрито, циклонално. Над северната половина от Балканите стационарира атмосферен фронт. Приземното налягане се понижава и около 12 UTC над североизточната част от Балканския полуостров се затваря център на ниско атмосферно налягане (фигура 3 и фигура 4а). По създалата се конвергентна линия се развива предфронтална конвективна система от клетки. Основният атмосферен фронт остава над Северозападна България и до полунощ се премества над Централна. Регистрирани са краткотрайни, временно интензивни валежи от дъжд, с количества между 3 и 10 mm. Вятърът е силен и поривист, с рязко променяща се посока и скорост (шквал) и гръмотевична дейност.



Фиг. 3. Карта на приведено към морско ниво атмосферно налягане (Pa) в 12 UTC на 17.09.2022 г. H – център на ниско налягане, B – център на високо налягане

Fig. 3. Mean Sea Level Pressure (Pa) for 12 UTC on 17.09.2022. H - low pressure system, B - High pressure system.

На фигури 4а и 4б са дадени карти на приземен синоптичен анализ на Балканския полуостров в 12 UTC и в 15 UTC на 17.09.2022 г., на които с приблизителна точност е нанесено разположението на атмосферната фронтална система в съответните часове.

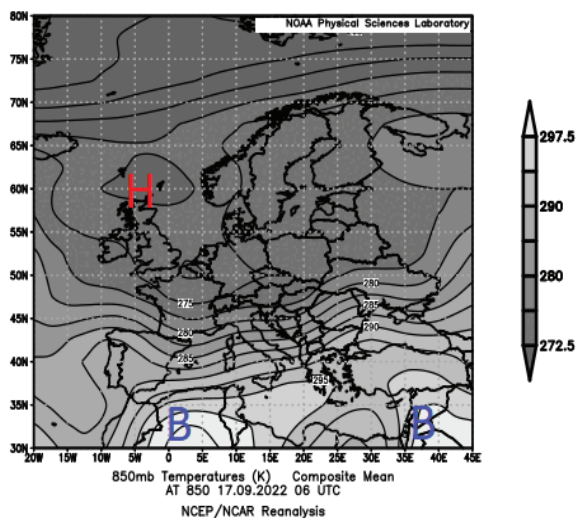


Фиг. 4. Приземен синоптичен анализ на Балканския полуостров в а) 12 UTC и б) 15 UTC на 17.09.2022 г. Черните линии са изобари разчертани през 2 hPa, буква В – област на високо налягане, буква Н – област на ниско налягане. С червени и сини линии са нанесени съответно топлите и студените фронтове от фронталната система, а с лилаво – оклюзията.

Fig. 4. Surface synoptic analysis over Balkan peninsula for a) 12 UTC and б) 15 UTC at 17.09.2022. The black lines are isobars plotted between 2 hPa. H - low pressure area, B - High pressure area. Blue and red lines are respectively warm and cold fronts of the frontal system, and with purple is the occlusion.

1.3. Температура на изобарна повърхнина 850 hPa

Температурният градиент над страната е голям и разликата в температурите е около 10° . След преминаването на студения атмосферен фронт, понижението на температурата е с около $2^{\circ} - 3^{\circ}$ в Югоизточна и с около $5^{\circ} - 6^{\circ}$ в Северозападна България (фигура 5). Почти през целия ден над югоизточните райони от страната температурите остават високи. Нахлуването на студен въздух от северозапад, в комбинация с топъл и влажен въздух от юг, поражда мощни вертикални движения и създава условия за развитие на мощна конвективна облачност и гръмотевични бури.



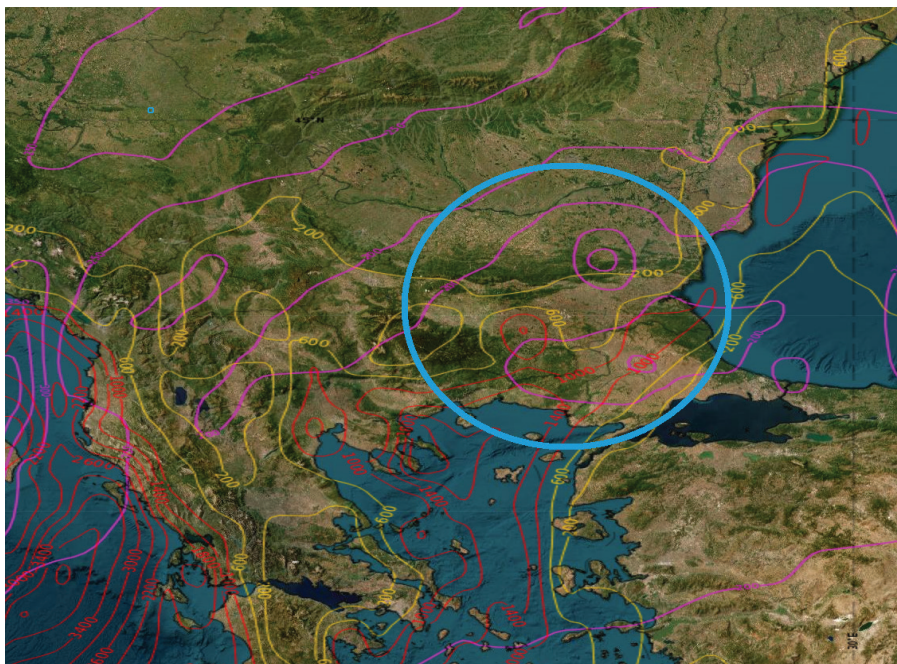
Фиг. 5. Карта на температурното поле над Европа на абсолютна топография на изобарна повърхнина 850 hPa в 06 UTC на 17.09.2022 г. Н – център на ниско налягане, В – център на високо налягане

Fig. 5. Temperature (K) at 850 Geopotential height for 06 UTC on 17.09.2022. H - low pressure system, B - High pressure system.

1.4. Неустойчивост на атмосферата

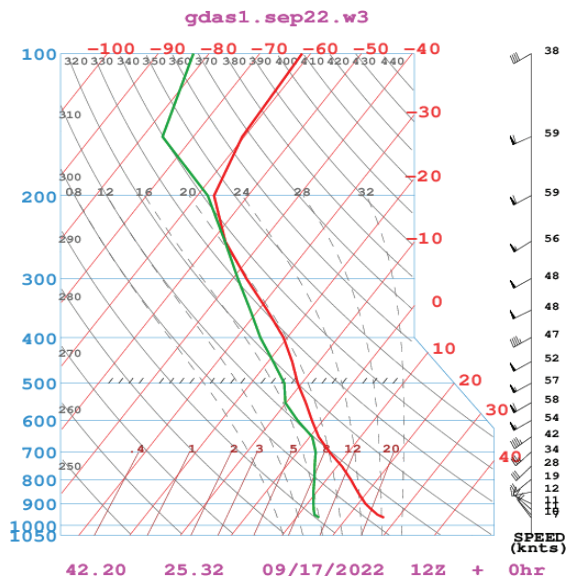
В Югоизточна България, Северна Гърция и акваторията на Егейско море има високи стойности на Convective Available Potential Energy (CAPE), между 700 и 1000 J/kg. Отново в Югоизточна България и района около Одрин има аномалия на потенциалния вихър (Potential Vorticity - PV) от около 200 - 300 PVU (фигура 6). Комбинацията от гореспоменатите величини е индикация за силна неустойчивост на атмосферата и повишена вероятност за развитие на конвективни клетки, интензивни валежи и гръмотевични бури. По-подробно изследване (Маркова

и колектив, 2013) са разгледани индекси на неустойчивост при конвективни процеси през летния сезон в Източна България и са установени прагови стойности на CAPE > 953 J/kg в повече от 2/3 от разглежданите обстановки, при които се формират мощни купесто-дъждовни облаци и гръмотевични бури. На фигура 7 е представен генериран вертикален профил на температура, точка на оросяване, посока и скорост на вятъра за района на Чирпан в 12 UTC. Аерологичният сондаж е подбран с такова местоположение и час, което да е близко до района и момента на възникване на конвективната клетка. Изведената от сондажа стойност на CAPE е 1167 J/kg, която значително надвишава праговите стойности в гореспоменатото изследване.



Фиг. 6. Неустойчивост на Балканския полуостров; червени и жълти линии - CAPE [J/kg]; лилави линии - PV аномалия [PVU]; 12 UTC на 17.09.2022 г.; източник: Eumetrain (e-port Javascript).

Fig. 6. Instability and Potential vorticity anomaly over Balkan peninsula: red and yellow lines - CAPE [J/kg]; purple lines - Pv anomaly [PVU]; 12 UTC on 17.09.2022. Source: Eumetrain (e-port Javascript).



Фиг. 7. Аерологичен сондаж за 17.09.2022 г. в 12 UTC (тип Skew-T Log-P) за района на Чирпан. Температура – червена крива, точка на оросяване – зелена крива. източник NOAA-ARL

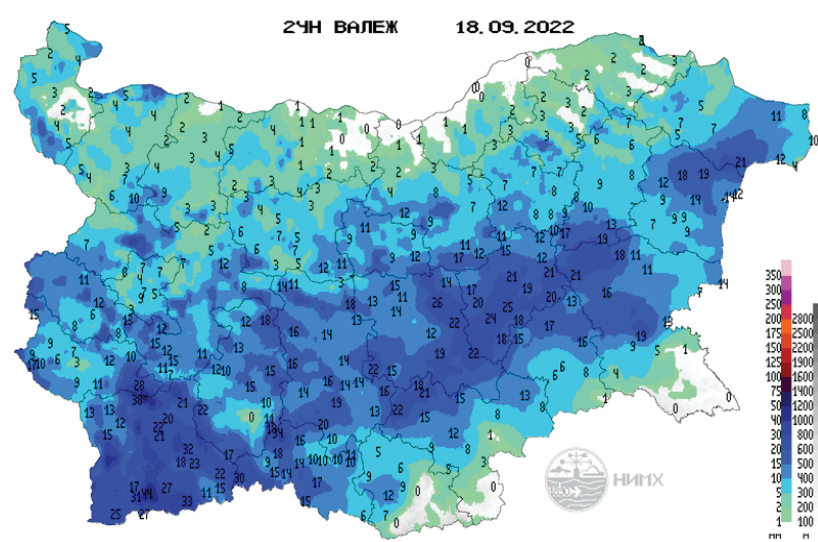
Fig. 7. Atmospheric sounding in 12 UTC on 09/17/2022 (Skew-T Log-P) for Chirpan. Red line - temperature, green line - dew point. Source NOAA-ARL.

2. ФАКТИЧЕСКА ИНФОРМАЦИЯ, НАБЛЮДЕНИЯ И АНАЛИЗ

2.1. Гръмотевична дейност и валежи

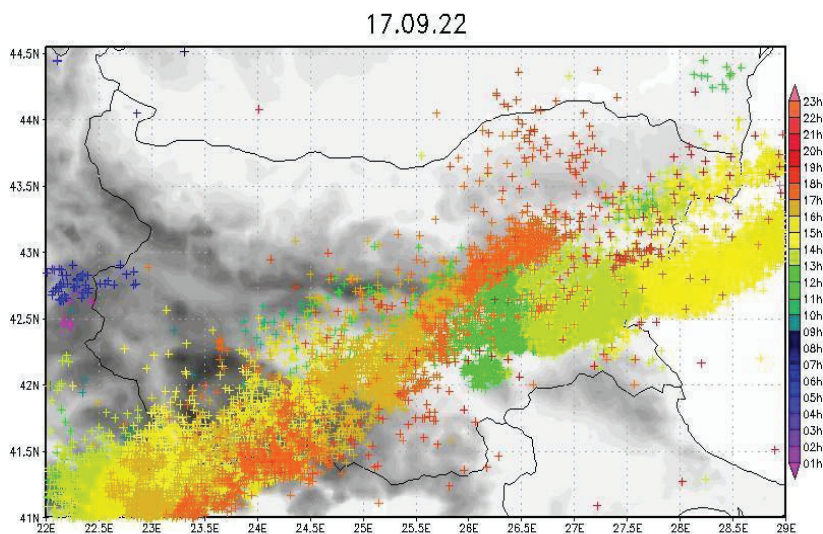
На фигура 8 е показан анализ на разпределението на валежите в страната за 24 часа на база данни от дъждомерни, синоптични, климатични станции и моделът ALADIN. От анализа е видно, че за област Бургас валежите са предимно в северната част и не са с най-големи количества за страната.

Според радиолокационната отражаемост (фигура 13) от радарните изображения може обосновано да се предположи, че количествата на валежа на отделни места надхвърлят 40 mm. Има данни за паднали градушки. В синоптична станция Бургас е отчетен 11 mm валеж, скорост на вятъра 18 m/s и пориви до 24 m/s. Анализът на разпределението на мълниите за денонощието показва интензивна гръмотевична дейност в област Бургас в следобедните часове (фигура 9).



Фиг. 8. Денонощна сума на валежа от 08 часа на 17.09.2022 г. до 08 часа (локално време) на 18.09.2022 г. по оперативни данни от измервателната система на НИМХ.

Fig. 8. Daily accumulated precipitation from 8 EET on 17.09.2022 to 8 EET on 18.09.2022 derived from the operational network data from NIMH.

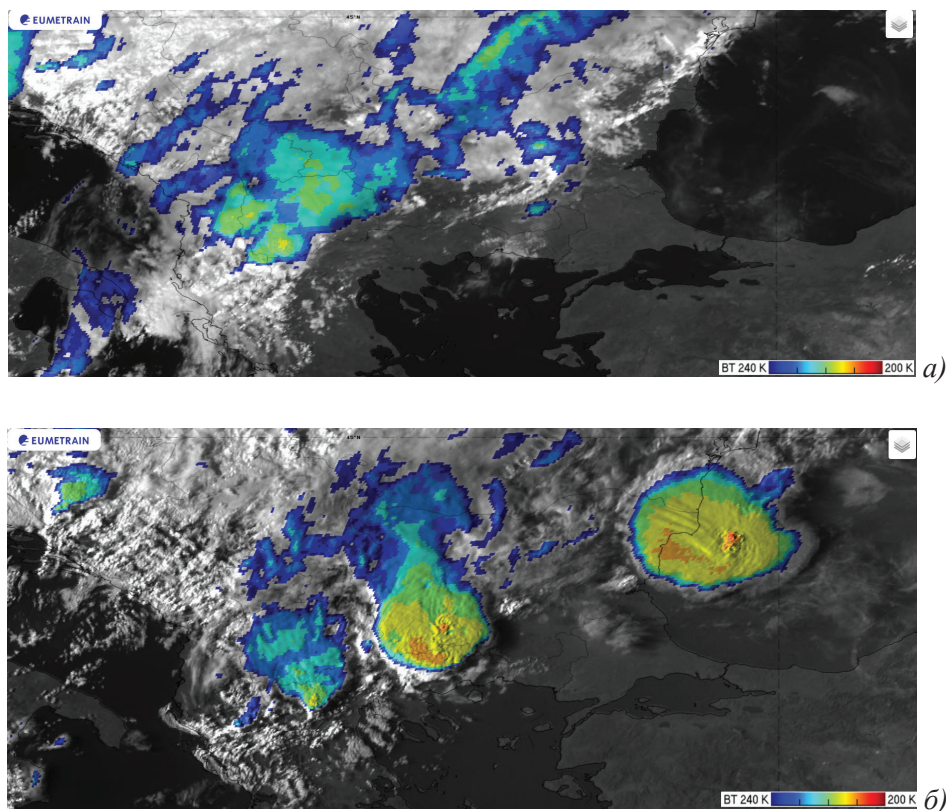


Фиг. 9. 24 часова регистрация на гръмотевичната дейност от 00 UTC на 17.09.2022 г. до 00 UTC на 18.09.2022 г. (източник: архив на НИМХ на базата на "ATDnet").

Fig. 9. Daily registered thunderstrike activity from 00 UTC on 17.09.2022 to 00 UTC on 18.09.2022 (Source: "ATDnet" database archive at NIMH)

2.2. Спътникова информация

На спътниковите изображения е видно формирането на облачност по шкваловата линия, образувала се над Горнотракийската низина. Придвижвайки се на изток, образувалата се облачна клетка увеличава хоризонталните си размери, а понижението на температурата на горната граница на облака е показател за голямата му височина (фигура 10). В максималната фаза на развитие на купесто-дъждовния облак се наблюдават куполообразни изпъкнали участъци върху горната облачна повърхност (overshooting tops), характерни за мощните гръмотевични бури.

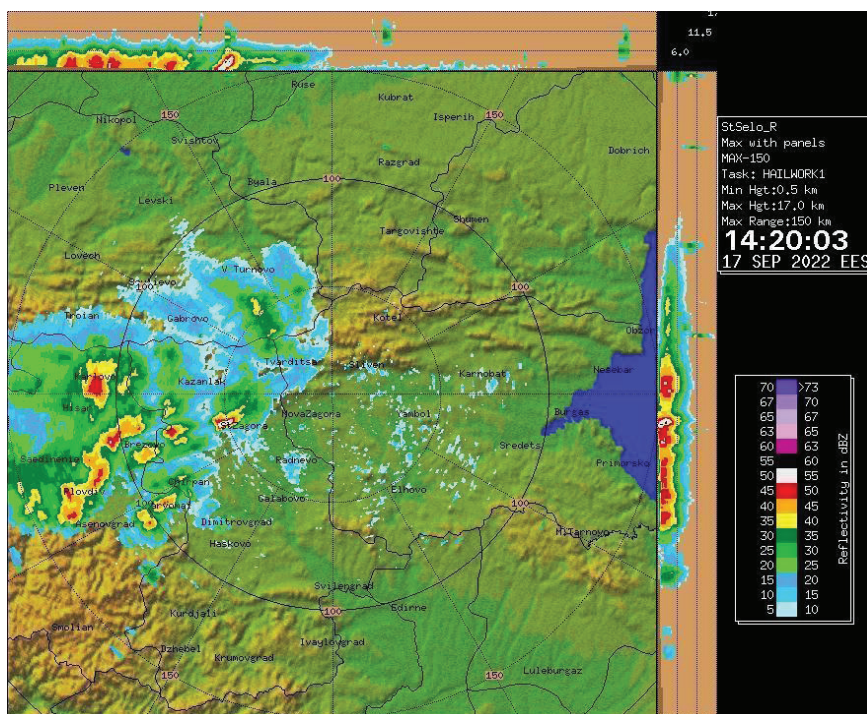


Фиг. 10. Изображения във видимия спектър, висока резолюция (HRV) от а) 12 UTC и б) 15 UTC на преминаващата през област Бургас буря; източник: EUMETRAIN.

Fig. 10. Satellite image from MSG (HRV) from a) 12 UTC and b) 15 UTC on 17.09.2022 from the convective storm passing over Burgas municipality. Source: Eumetrain.

2.3. Радарна информация

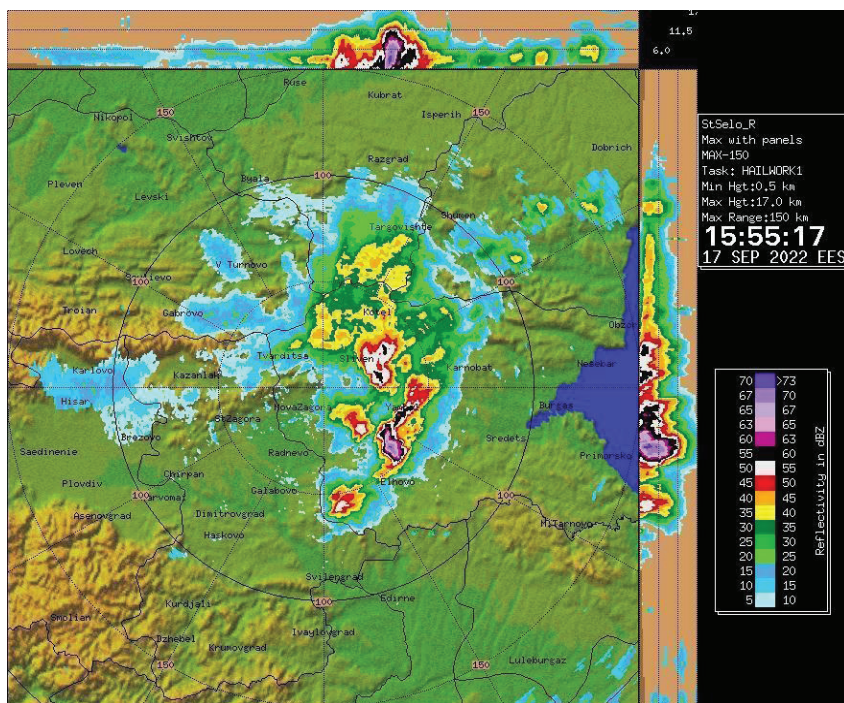
Процесът се определя като многоклетъчен и това се вижда най-добре на фигура 12, където е изобразена радиолокационната отражаемост от 15:55 от команден пункт на ИАБГ, Старо село, област Сливен. Около 14:20 часа местно време се развива мощна конвективна облачност между Чирпан и Първомай (фигура 11). Облачният масив е многоклетъчен и в южната му част се зараждат нови конвективни клетки.



Фиг. 11. Радиолокационна информация в 14:20 локално време, на 17.09.2022 г. от метеорологичен радар на команден пункт Старо село, област Сливен, ИА „Борба с градушките“.

Fig. 11. Radiolocation image at 14:20 EET on 17.09.2022 showing maximum radar reflectivity (dBZ) from station Staro Selo, Sliven municipality, Hail suppression agency.

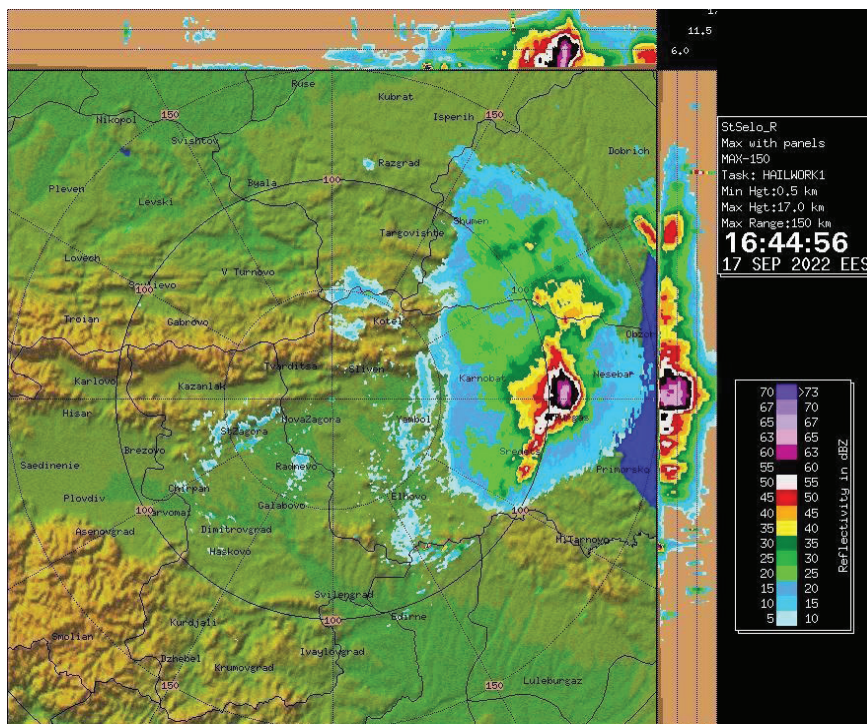
Около 15:20 часа югоизточно от Раднево се заражда и облачната клетка, която нанася значителни щети в област Бургас. След зараждането си постепенно се премества на изток-североизток. Максималното си вертикално развитие конвективната клетка достига в 15:55 часа в района между Ямбол и Елхово (фигура 12). Вертикалният размер на клетката достига до около 17 km, а максималната радиолокационна отражаемост е над 70 dBz.



Фиг. 12. Радиолокационна информация в 15:55 локално време на 17.09.2022 г от метеорологичен радар на команден пункт Старо село, област Сливен, ИА „Борба с градушките“.

Fig. 12. Radiolocation image at 15:55 EET on 17.09.2022 showing maximum radar reflectivity (dBZ) from station Staro Selo, Sliven municipality, Hail suppression agency.

Въпреки, че при преместването си на изток в посока Бургас, клетката се извалява многократно, тя непрекъснато се захранва със студен въздух и регенерира. Височината на конвективната клетка намалява до около 15 km, но хоризонталните размери се увеличават и надхвърлят 50 km (фигура 13). Преди Бургас максималната радиолокационна отражаемост е 65 dBz, което означава, че в облачната клетка има градови зърна, ледени кристали и големи водни капки. При развитието на такава мощна купесто-дъждовна облачност, съпътстващите метеорологични явления са краткотрайни, временно интензивни валежи от дъжд, градушка и рязка промяна на скоростта и посоката на вятъра (шквал). Измерените пориви на вятъра в синоптичната станция на НИМХ в Бургас са 24 m/s, но в района на общината са възможни и по-високи стойности. Конвективната клетка достига до акваторията на Черно море, като силният вятър отнася лодките и яхтите, намиращи се по пътя на бурята. Животът на мощния купесто-дъждовен облак продължава след 17:30 часа над морската повърхност, но мощността му постепенно отслабва и облакът дисипира.



Фиг. 13. Радиолокационна информация в 16:44 локално време на 17.09.2022 г от метеорологичен радар на команден пункт Старо село, област Сливен, ИА „Борба с градушките“.

Fig. 13. Radiolocation image at 16:44 EET on 17.09.2022 showing maximum radar reflectivity (dBZ) from station Staro Selo, Sliven municipality, Hail suppression agency.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитието на подобна мощна купесто-дъждовна облачност по Черноморието не е необичайно. Други примери за подобни явления са мощните гръмотевични бури, развили се в района на Варна на 27. 09. 2004 г. и на 28. 06. 2007 г. Качественият анализ на състоянието на атмосферата преди образуването на многоклетъчната система, загатва за развитието на мощни гръмотевични бури в района. Интензитетът на разглежданото явление го определя като относително рядко срещано и неговото непосредствено прогнозиране представлява предизвикателство дори ако са достъпни данни от разширени метеорологични наблюдения в периода, непосредствено преди зараждането на конвективните клетки. Климатът на района предполага подобни явления да се развиват и в бъдеще. Според изданията от Междуправителственият Панел по Климатични Промени (IPCC), Шести оценъчен

доклад за изменение на климата Masson-Delmott (2021), явления от този тип се проявяват с по-голяма честота и с по-голям интензитет в голяма част от районите с редовни и непрекъснати метеорологични наблюдения, какъвто се явява и този на Република България.

ЛИТЕРАТУРА

- Бочева, Л. (2014) Климатични вариации и оценка на опасни метеорологични явления по конвективни бури над България (1961-2010), Ph.D. thesis, Софийски Университет „Св. Климент Охридски“.
- Маркова, Б. (2013) Влияние на условията в околната среда върху развитието на гръмотевичните облаци над Източна България, Ph.D. thesis, Софийски Университет „Св. Климент Охридски“.
- Маркова, Б and Р. Мицева. (2013) Прагови стойности на cape и lifted index за развитие на летни гръмотевични облаци над вътрешността и край- брежието на източна България, *Annuaire de l'Universite de Sofia "St. Kliment Ohridski", Faculte de Physique* v. 106.
- Dimitrova, T., R. Mitzeva, and A. Savtchenko. (2009) Environmental conditions responsible for the type of precipitation in summer convective storms over bulgaria, *Atmospheric Research*, 93 (1), 30–38, doi:<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.010>, 4th European Conference on Severe Storms.
- Markova Boryana, Rumjana Mitzeva and Tsvetelina Dimitrova. (2020) Is there a difference in the environmental conditions at the development of severe and non-severe hailstorms over Bulgaria?
- Masson-Delmotte, Valérie, et al. (2021) Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2 https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896, www.ipcc.ch