



USE OF RAPID SCAN SERVICE PRODUCTS

Hristo Hristov*, Krasimir Stoev, Boryana Markova, Martin Slavchev, Georgi Tsekov, Viktoria Kleshtanova, Evgenia Traykova, Anastasiya Kirilova, Mariana Popova, Andrey Kulishev, Ivanka Kabakchieva

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

Abstract: In the present work, satellite information from MSG (Meteosat Second Generation) received every 5 min. (Rapid Scan Service - RSS) in different channels is examined. This information is used in various products developed at the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH). For the performance of these products, their advantages and benefits, a case study from November 4, 2023 has been analyzed. During this event intense rainfalls, thunderstorms with strong wind gusts, hail, and in North-Eastern Bulgaria tornado were observed. Various meteorological fields from numerical weather forecasting models, as well as synoptic maps of the Balkan Peninsula, were also used for the analysis. It was found that a super cell caused the formation of the tornado in Northeastern Bulgaria, and later new thunderstorms were registered after the passage of a cold atmospheric front.

Keywords: Thunderstorm, hail, wind gusts, tornado, RSS, MSG.

* hristo.hristov@meteo.bg

ИЗПОЛЗВАНЕ НА RAPID SCAN SERVICE ПРОДУКТИ

Христо Христов, Красимир Стоев, Боряна Маркова, Мартин Славчев, Виктория Клещанова, Евгения Трайкова, Георги Цеков, Анастасия Кирилова, Марияна Попова, Андрей Кулишев, Иванка Кабакчиева

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

Резюме: Разгледана е спътникова информация от MSG (Meteosat Second Generation) получавана на всеки 5 минути (Rapid Scan Service - RSS) в различни канали и участваща в различни продукти, разработени в Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). За представянето на тези продукти, предимствата и ползите от тях е анализирана синоптична обстановка от 4.11.2023 година. Тя е съпроводена с интензивни валежи, гръмотевични бури със силни пориви на вятъра, градушки, а в Североизточна България и със смерч (торнадо). За анализа са използвани и различни метеорологични полета от числени модели за прогнозиране на времето, както и синоптични карти на Балканския полуостров. Установена е суперклетка предизвикала образуването на смерча в Североизточна България, а по-късно са регистрирани нови гръмотевични бури по преминаването на студен атмосферен фронт.

Ключови думи: торнадо, гръмотевични бури, градушка, силен вятър, RSS, MSG.

1. УВОД

Наблюдението и прогнозирането на метеорологичното време са обект на интерес за човечеството още от дълбока древност. В продължение на много години емпирично са установени зависимости от местен характер, които в съвременето са познати като народна метеорология.

Научният подход при прогнозиране на метеорологичното време започва между 1850 г. и 1870 г. в Съединените щати (САЩ) и страни от Западна Европа. Създават се и националните метеорологични служби (Murphy 1996a).

Използването на спътникова информация в България започва в края на XX век с първото поколение европейски метеорологични спътници (MFG). В началото на XXI век в експлоатация влизат спътниците от второ поколение (MSG), които се използват в света и до днес, включително и от синоптиците в НИМХ, както и от различни други учени и организации в страната. В момента в орбита има 3 от 4-те спътника от второ поколение. Първият от тях (METEOSAT-8) беше изваден от

Използване на Rapid Scan Service продукти

експлоатация през 2022 г. Останалите продължат да работят, като METEOSAT-10 (0°E), който е оперативен спътник сканира цялата полусфера. METEOSAT-9 е на 45.5° източна дължина - над Индийския океан, а METEOSAT-11 (9.5°E) извършва бързо сканиране само над района на Европа - RSS (Rapid Scanning Service), т.е. данните от него са на всеки 5 мин. От тях са създадени различни продукти, комбинация между сателитната информация и различни наземни измервания и числени модели. Този режим на работа (RSS) е сравнително нов и неговите продукти навлизат все повече в оперативната практика. Спътникова информация в режим на бързо сканиране, освен при спътниците на EUMETSAT, се използва и от спътници на други държави и организации. В публикация на Line et al. (2016) се разглежда подробно американският спътник GOES-R, който работи в режим на бързо сканиране (през 1 мин.). В Mohapatra et al. (2021) се дава информация за индийския спътник INSAT-3DR, който е в орбита от 2016 г. и също може да работи в RSS режим с максимална времева резолюция от 4 мин. и 30 сек. Himawari-8 и Himawari-9 са японски спътници, които сканират през 10 мин. цялата полусфера с център Япония и Австралия, като също така могат да работят със стъпка от 2.5 мин. в различни сектори (Bessho et al., 2016). В края на 2024 г. спътниците от трето поколение (MTG) ще влязат в оперативен режим на работа.

През последните години се наблюдава увеличаване на честотата на проява на опасните и особено опасните метеорологични явления по света. Към опасните метеорологични явления спадат гръмотевични облаци и свързаните с тях проливни валежи, градушки и силни пориви на вятъра. Особен интерес представлява изследването на мощните конвективни облаци, придружени от интензивна гръмотевична дейност и смерч (торнадо). Смерчът (торнадо) е сравнително рядко явление, което се наблюдава в България. Много от случаите на смерч се развиват в слабо населени места или в планински райони и не причиняват значителни щети, поради което остават нерегистрирани. Броят на регистрираните случаи на смерч през 21 век се е увеличил главно поради развитието на комуникациите и интернет. През 2001 г. 58 торнада и водни струи са регистрирани в България срещу едва 20 случая за периода 1956-2000 г. (Simeonov et al., 2013; Vocheva and Simeonov, 2016). Данните показват, че най-често торнадо се наблюдава през топлото полугодие на годината, между май и август, с максимум през юни. В доказаните случаи на торнадо след 2000 г. има 5 торнада в студеното полугодие: 4 от тях са наблюдавани в Южна България и едно в Североизточна (Vocheva and Markova 2017).

В настоящата работа, с помощта на синоптичен анализ и RSS продукти, е проследено развитието на мощна купесто-дъждовна облачност и е наблюдавано торнадо със степен F3 от скалата Фуджита в Североизточна България и градушка с размер 4 cm на 4 ноември 2023 г. Използвани са синоптични карти от ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) и GFS (Global Forecast System), а също и анализирани синоптични карти Балкан, част от електронния архив на НИМХ.

Целта на настоящата работа е да се покаже, че с използване на RSS продуктите от MSG в оперативната прогностична практика ще се подобри прогнозата на опасни и особено опасни метеорологични явления.

Представените резултати са свързани с работата по проект “Визуализация на 24-часова RSS информация от EUMETSAT за оперативен анализ и свръхкраткосрочна прогноза”, от Научноизследователския план на НИМХ за 2023 г.

2. ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДОЛОГИЯ – RSS ПРОДУКТИ

През 2023 г. бяха създадени редица продукти на базата на METEOSAT-11, който работи в RSS режим, сканира само района на Европа на всеки 5 мин. В продължение на една година се създадоха комбинирани продукти с наслагване на спътникова информация и данни за регистрирани мълнии от *Blitzortung.org*, радиолокационна информация от радарите на ДП РВД (Държавно предприятие Ръководство въздушно движение), информация от числен модел от GFS, включително валежи.

В НИМХ са използвани и разработени следните продукти:

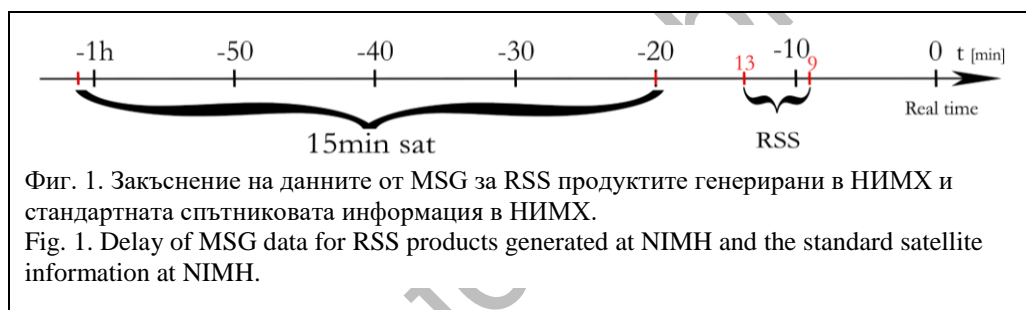
1. Dust. Това стандартна RGB композиция от каналите IR8.7, IR10.8 и IR12.0. Този продукт дава информация за праха в атмосферата, но също добре се виждат и облачните системи и вида на облачността. Този продукт е много подходящ за наблюдение на ниската облачност и мъглата, особено през нощта, когато видимите канали са неизползваеми. До сега в оперативната практика на НИМХ имаше възможност да се използва Dust RGB на 15 мин., но вече този продукт ще бъде наличен на всеки 5 мин., като освен това и технологичното закъснението на продукта ще бъде по-малко.
2. Microphysic 24h е RGB композиция е идентична с Dust. Използват се същите канали, както при Dust, но е променено оцветяването. Това позволява по-добро наблюдение на ниските водни облаци.
3. High Resolution Visible (HRV) с добавени мълнии. В този продукт се използва канал 12 на MSG. Това е каналът с висока разделителна способност от 1.5 km, но поради наклона хоризонталната резолюция над страната е около 1.7 km. За визуализиране на мълниците е използвана информация от *Blitzortung.org*.
4. IR-BT, спътников канал в инфрачервената област (10.8 μm) с добавена яркостна температура и мълнии. Този продукт използва канал 09 на MSG (10.8 μm) с добавена яркостна температура. Тя позволява да се маркират областите с мощна конвекция.
5. IR, инфрачервен канал (10.8 μm) с добавени: мълнии, валежи, радарна информация, температурата на 850 hPa (от числен модел) и точки с местоположение на по-големите градове в страната. В този продукт мълниците са за последните 20 мин.

Използване на Rapid Scan Service продукти

6. Forecast - прогноза от числен модел (GFS) с добавени: облачност, температура на 850 hPa и валеж (дъжд или сняг). Информацията е на всеки 1 час.

Новата спътникова информация от RSS, както и продуктите, свързани с нея се получава на всеки 5 мин. Технологичното време нужно за сканиране и обработка довежда до закъснение на продуктите спрямо настоящия момент между 9 и 13 минути (Фигура 1). Радарната информация, използвана в част от продуктите, също закъснява по технологични причини. Това закъснение е съпоставимо със закъснението на RSS информацията, т.е. тези продукти, много близки до настоящият момент, ще са полезни при изготвяне на свръхкраткосрочната прогноза.

Стандартните продукти (на всеки 15 мин.) на база спътниковата информация от MSG ползвани за оперативни цели от прогнозистите на време в НИМХ, закъсняват между 20 и 60 минути.



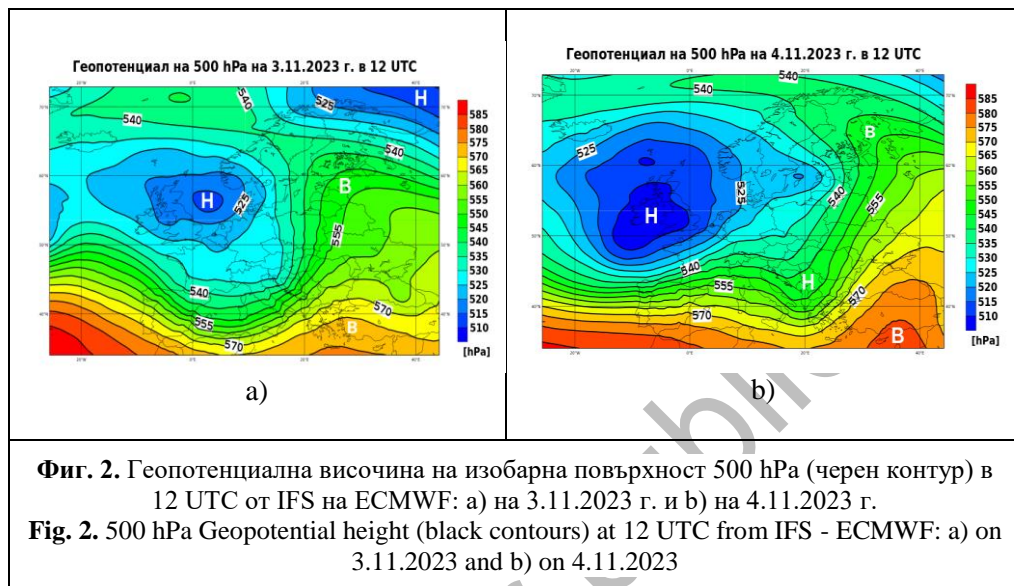
В настоящата работа са използвани различни прогностични полета от прогностичната система на ECMWF, (IFS – Integrated Forecasting System), като: приземно барично поле, температура на изобарна повърхност 850 hPa и геопотенциал на изобарна повърхност 500 hPa. Използвани са анализирани синоптични карти на Балканския полуостров, както и карти с анализ на 24 - часовия валеж по оперативни данни от измервателната мрежа на НИМХ.

3. СИНОПТИЧНА ОБСТАНОВКА

На 4.11.2023 г. през страната преминава студен атмосферен фронт, по който над Централна и Източна България се развива мощна купеста и купесто-дъждовна облачност. Над Североизточна България и в района на Смолян са регистрирани смерчове.

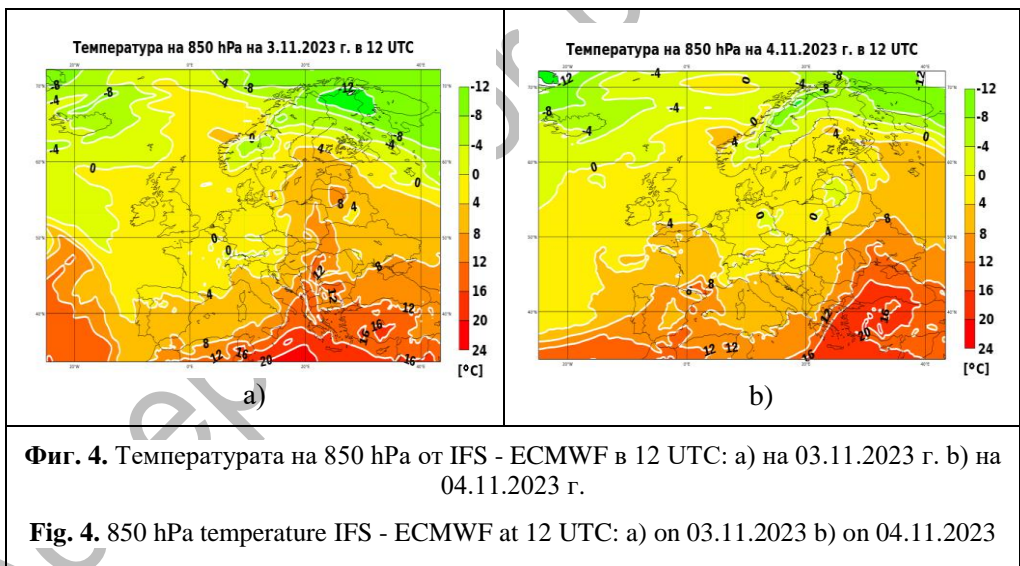
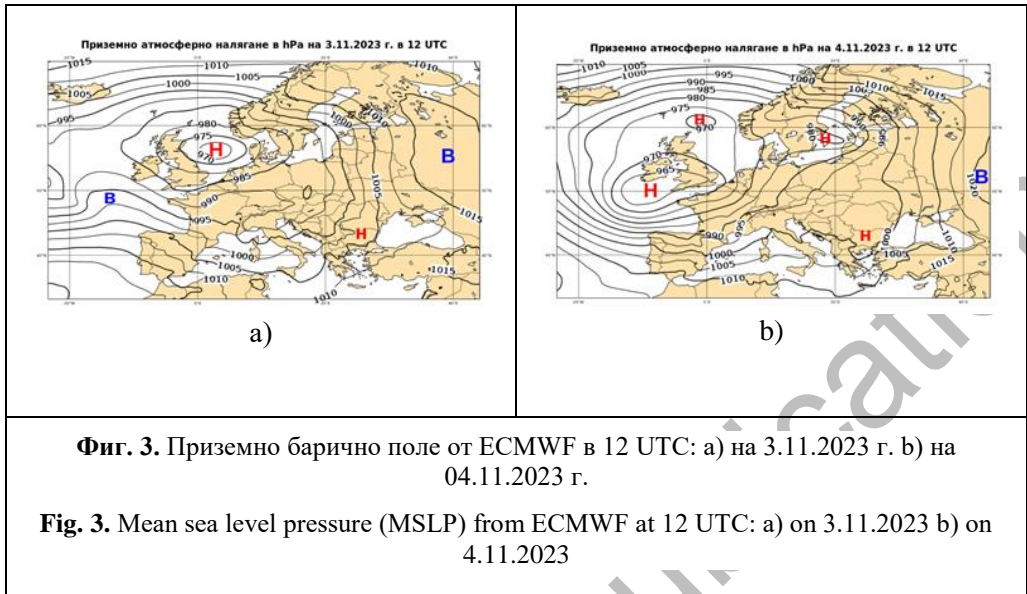
На 3.11.2023 г. в 12 UTC във височина на изобарна повърхност 500 hPa баричното поле над страната е антициклонално, а западните райони от Балканския полуостров са под влияние на барична долина от северозапад (Фигура 2a). На 4.11.2023 г. в 12 UTC баричният гребен се разрушава и страната попада в

предната част на баричната долина с ос през западните райони от Балканите с пренос от югозапад (Фигура 2b).

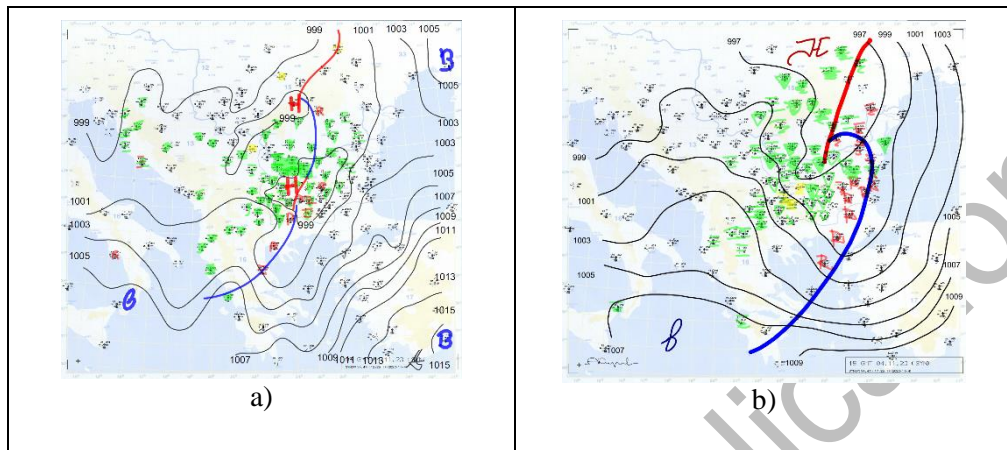


В приземния слой на 3.11.2023 г. в 12 UTC баричното поле е циклонално (Фигура 3а), като Балканският полуостров и страната са в предната част на обширна област на ниско атмосферно налягане с основен център над Северно море, която определя времето в по-голямата част от Европа. Студеният атмосферен фронт преминава през централноевропейските страни. На 4.11.2023 г. в 12 UTC (Фигура 3б) баричното поле над континента остава циклонално. Циклонът от Северно море се премества на изток към Прибалтика, а над Британските острови се развива нов циклонален център. По студения атмосферен фронт, който преминава през Беларус и Западна Украйна, достигайки Балканския полуостров, в северните райони на Балканите се формира циклонален вихър (Фигура 5).

С преминаването на студения атмосферен фронт, над Западна и Централна Европа нахлува студен въздух, който на 4.11.2023 г. достига и обхваща Балканския полуостров. На 3.11.2023 г. в 12 UTC на изобарна повърхност 850 hPa (Фигура 4а) температурите над страната достигат 10-12°C, докато в северозападните райони от полуострова са обхванати от студената въздушна маса, температурите там са 4-5°C. На 4.11.2023 г. студеният атмосферен фронт преминава през страната (Фигура 4б), температурите се понижават и са от 5-6°C в Северозападна България и по високите западни полета до около 12°C в крайните източни райони, където преносът все още е от югозапад.

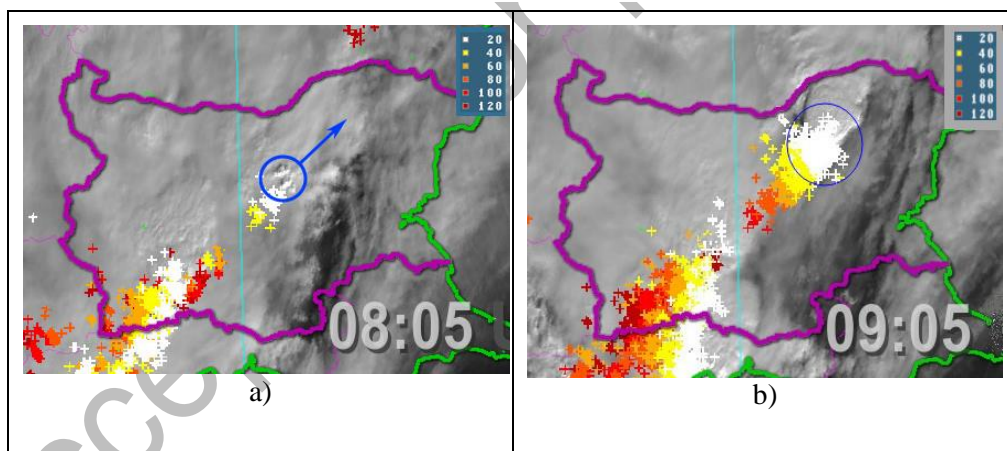


Синоптичният анализ на карта Балкански полуостров от 4.11.2023 г. показва, че баричното поле е циклонално (Фигура 5) и преминава фронтална система. Студеният атмосферен фронт в 09 UTC е над Централна България (Фигура 5а), а в 15 UTC - вече е над Източна България (Фигура 5б). На много места има гръмотевични бури с интензивни краткотрайни валежи, а пред фронталната система - в Североизточна България се формира суперклетка.



Фиг. 5. Синоптични карти на Балканския полуостров, изобари (черни линии) и атмосферните фронтове (цветни линии) на 04.11.2023 г.: а) в 09 UTC, б) в 15 UTC; Източник: електронен архив НИМХ

Fig. 5. Synoptic maps at Balkans peninsula with isobars (black lines) and atmospheric fronts (colored lines) on 04.11.2023: a) at 09 UTC, b) at 15 UTC; Source: NIMH archive



Фиг. 6. HRV спътникови снимки и мълнии за последните 120 мин. на 04.11.2023 г.: а) 08:05 UTC, б) 09:05 UTC; Източник: EUMETSAT, НИМХ, blizortung.org

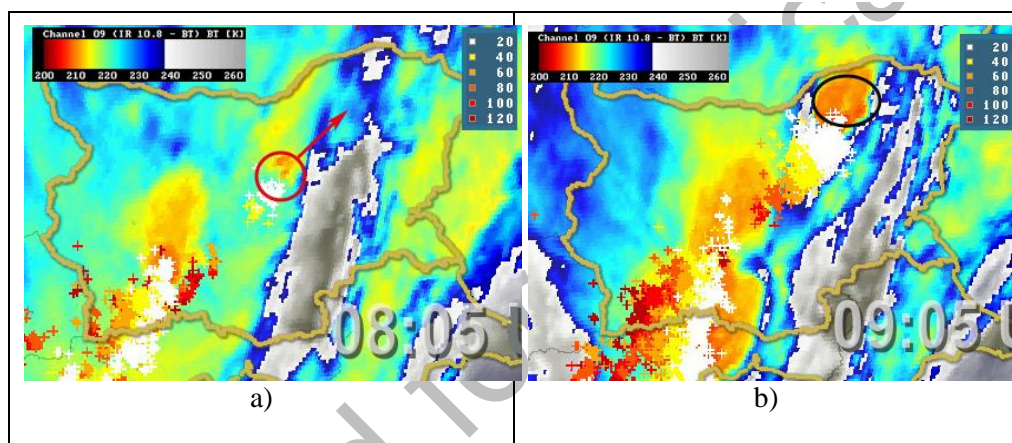
Fig. 6. HRV satellite images with lightnings for the last 120 min on 04.11.2023: а) 08:05 UTC, б) 09:05 UTC; Source: EUMETSAT, NIMH, blizortung.org

От HRV, RSS много добре се проследява зараждането на клетката в 08:05 UTC над Централна България. Началото на развитието на купесто-дъждовната облачност е съпроводено със слаба гръмотевична дейност (Фигура ба).

Използване на Rapid Scan Service продукти

Движейки се с потока на североизток клетката се развива бързо и след един час се превръща в мощен купесто-дъждовен облак (суперклетка). На Фигура 6b е показано нейното максимално развитие, съпроводено с интензивна гръмотевично дейност и характерната за суперклетка структура (Overshooting Top – ОТ), както и характерните придружаващи явления (значителни валежи, силни ветрове и др.).

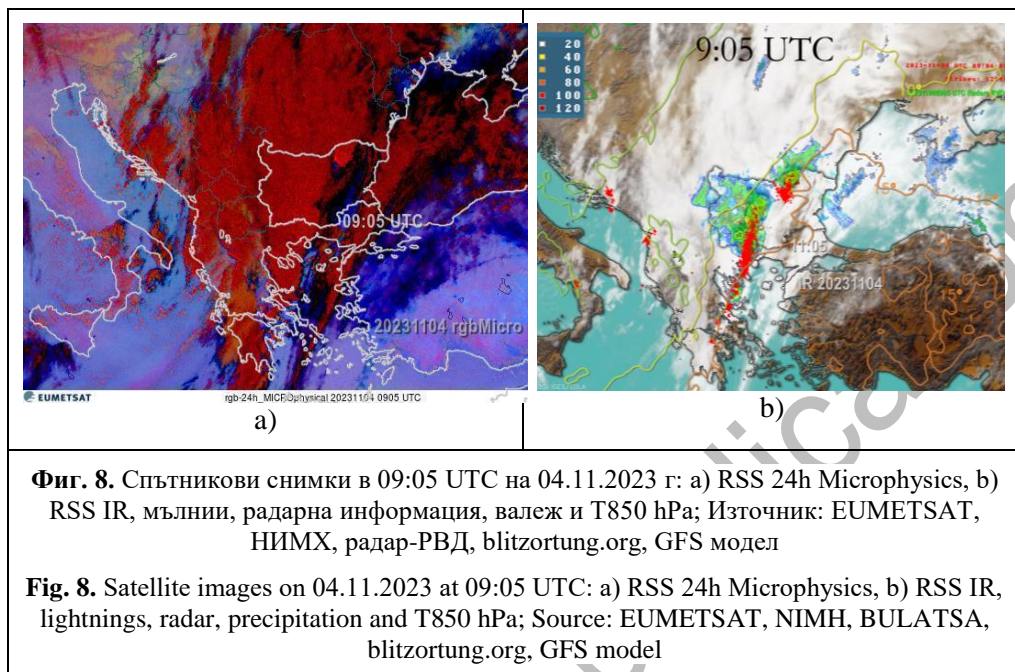
От зараждането на конвективната облачност (Фигура 7a) до максималното ѝ развитие яркостната температура в областта на клетката се понижава с около 30 К, а в центъра се повишава с около 20 К. Бързата промяна на яркостната температура в студената част на облака се свързва с ОТ. Друг признак за ОТ е появата на пръстен на спътниковото изображение, около центъра на клетката (Фигура 7b).



Фиг. 7. IR-БТ спътникови снимки и мълнии за последните 120 мин. на 04.11.2023 г: а) в 08:05 UTC, б) в 09:05 UTC Източник: EUMETSAT, НИМХ, blitzortung.org

Fig. 7. IR-BT satellite images with lightnings for the last 120 min on 04.11.2023: а) at 08:05 UTC, б) at 09:05 UTC Source: EUMETSAT, NIMH, blitzortung.org

На Фигура 8 са показани още два продукта със стъпка 5 мин. Първият (Фигура 8a) е RGB-24h Microphysics и на него също добре се диагностицира суперклетката над Североизточна България. RGB-24h Microphysics е композицията, с която атмосферата може да се проследява през цялото денонощие. Този продукт е успешно приложим в оперативната практика и при други синоптични обстановки, извън пролетно-летните процеси, например при регистрирането на мъгла или ниска облачност. На Фигура 8b е показан продукт, композиция от спътниково изображение (IR-10.8 μm), радарна информация, валеж, мълнии, температура на 850 hPa от числен модел и местоположение на градовете.

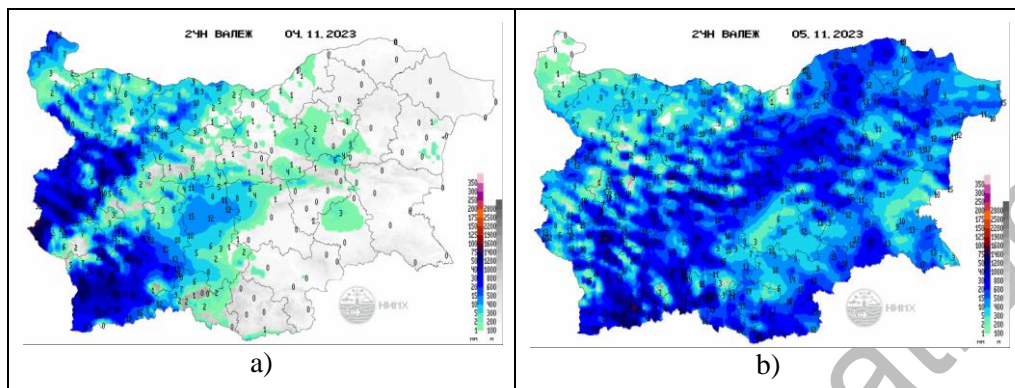


Спътниковата и радарната информация, валежът (Multi-Sensor Precipitation Estimate Geostationary - MPEG) са на всеки 5 мин., а мълниите се регистрират на всяка 5-та минута (за акумулиран интервал от 20 мин.). Температурата на 850 hPa е на всеки кръгъл час. Продуктът от Фигура 8b показва интензивната гръмотевична дейност над Североизточна България. На Фигура 8b се виждат и много конвективни клетки в Централна България, образували се по линията на студения атмосферен фронт.

4. МЕТЕОРОЛОГИЧНА ИНФОРМАЦИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ РАЗВИЛАТА СЕ СИНОПТИЧНА ОБСТАНОВКА

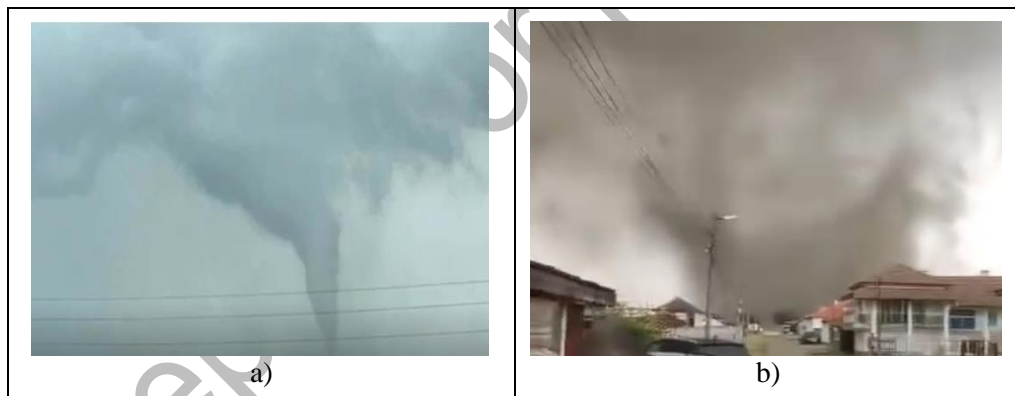
На Фигура 9 е представена информация за измерените 24-часови количества на валежите от мрежата на НИМХ.

На 3.11.2023 г. (Фигура 9а) краткотрайни, интензивни валежи на места със сумарни количества над 50 mm има в Югозападна България, а на 4.11.2023 г. (Фигура 9б) значителни валежи са регистрирани на много места в страната (без Северозападна България) с измерени количества между 20 и 50 mm. В района на Велико Търново и Търговище количеството на валежа достига 34-35 mm, а в Разград и Силистра - до 26-29 mm.



Фиг. 9. Сумарно количество на валежите по оперативни данни на НИМХ. Цветната скала показва количеството на валежите, а сивата – надморската височина: а) от 08:00 ч. на 03.11.2023 г. до 08:00 ч. на 04.11.2023 г., б) от 08:00 ч. на 04.11.2023 г. до 08:00 ч. на 05.11.2023 г.

Fig. 9. Amount of precipitation for a) 03.11.2023 at 08:00 EET to 04.11.2023 at 08:00 EET and b) 04.11.2023 at 08:00 EET to 05.11.2023 at 08:00; EET. The color scale shows the amount of precipitation, and the gray scale shows the altitude. *Source: NIMH*



Фиг. 10. Смерч между Разград и Силистра; Източник: а) <https://www.bgonair.bg>, б) <https://novini.bg/>

Fig. 10. Tornado in the region Razgrad – Silistra; Source: а) <https://www.bgonair.bg>, б) <https://novini.bg/>

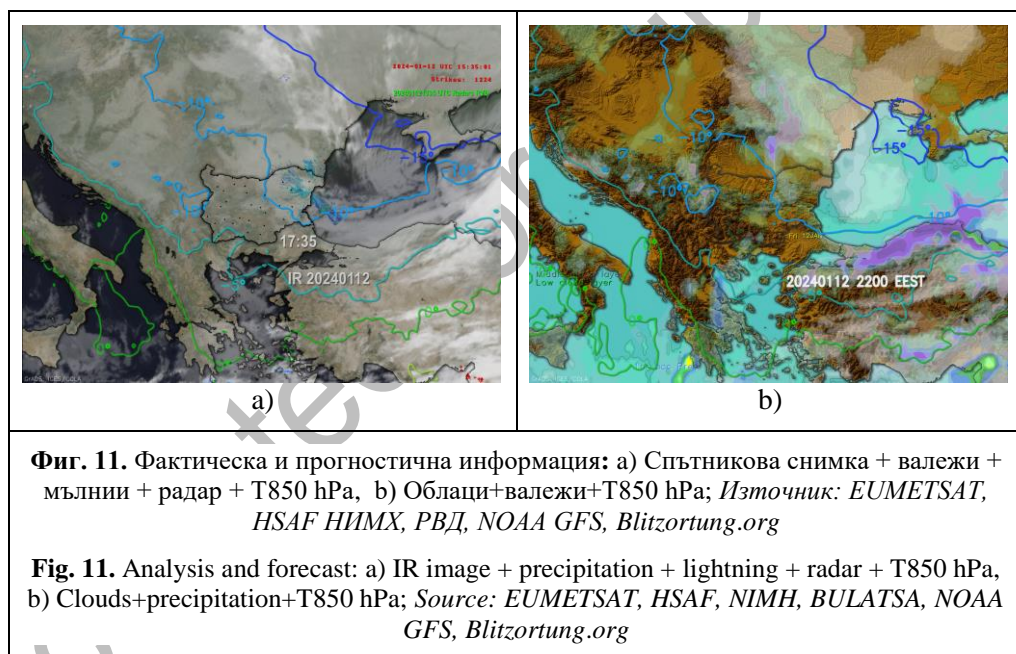
Смерч (торнадо - F3) се е образувал около обяд между Разград и Силистра (Фигура 10а, <https://www.bgonair.bg>). Силните ветрове са нанесли значителни щети в няколко населени места. Най-значими са пораженията в Долец, Боил, Паисиево, Руйно и околните села. Десетки къщи са с отнесени покриви, изпочупени стъкла

и други щети. Пострадали са домашни животни и реколта. Оранжерии са отнесени и изпочупени от вятъра. На места е прекъснато електричеството.

Според друго електронно издание <https://novini.bg/bylgariya/obshtestvo/811061>) в област Силистра (Фигура 10b) през селата Долец, Прохлада, Колобър и Секулово е преминал смерч и в резултат са повредени множество покриви, паднали са стълбове и дървета. За отстраняване на пораженията в помощ на населението участват служители от районната дирекция "Пожарна безопасност и защита на населението" (РДПБЗН) – Дулово.

6. ДИСКУСИЯ

На Фигура 11 а е представен още един продукт, който работи в оперативен режим и се използва от прогнозистите на време в НИМХ. За този продукт няма архивни данни от датата на синоптичната обстановка, но е полезен за бързо изготвяне на свръхкраткосрочна прогноза (nowcasting) при развитие на конвективни процеси.



Наличието на точки, маркиращи местоположението на големите градове, е полезно в пролетно-летния сезон с често развитие на купесто-дъждовна облачност. Установяването на точното местоположение на развитие на купесто-дъждовна облачност и свързаните с нея опасни метеорологични явления, в комбинация с информация за водещия поток, позволяват свръхкраткосрочно да се прогнозира посоката на движение на евентуалните валежни зони, райони с гръмотевична дейност и др.

Използване на Rapid Scan Service продукти

На Фигура 11 са представени 2 продукта, които работят последователно: фактическа информация, след това прогностична. Фактическата информация (Фигура 11a) съдържа спътниково изображение (IR-10.8 μm), радарна информация, валеж, мълнии, температура на 850 hPa и местоположение на градовете. Спътниковата и радарната информация, както и данните за валеж и мълнии пристигат на всеки 5 мин., температурата на 850 hPa (GFS) е на всеки час. След като достигне реално време, продуктът преминава в прогностичен режим (Фигура 11b). Продуктът (Фигура 11b) е през 1 час, а информацията е от числен модел (GFS). При прогнозата са визуализирани облачност, T850 hPa и валеж (дъжд или сняг).

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на RSS информацията има две предимства:

- (1) честотата на получаваната информация е по-голяма, на всеки 5 мин., в сравнение с обичайния 15 минутен интервал,
- (2) значително по-малко закъснение, спрямо стандартните спътникови изображения (Фигура 1).

Това води до:

- По-ранна регистрация на началото на развитие на конвективната клетка;
- По-ефективно за оперативната работа проследяване на развитието на мощна купесто-дъждовна облачност, което при свръх-краткосрочната прогноза е от ключово значение.

ЛИТЕРАТУРА

- Bessho et al., (2016) An Introduction to Himawari-8/9— Japan's New-Generation Geostationary Meteorological Satellites. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, Volume 94, Issue 2, 151-183.
- Bocheva L. and Simeonov P. (2016). The tornado cases in Bulgaria from the beginning of 21st century – database and analysis. In: Proceedings of the 3rd Bulgarian National Congress on Physical Sciences, Sofia, Bulgaria, Sep. 29 - Oct. 02, 2016, S06.16-1-9 [DVD: ISBN 978-954-580-364-2] Heron Press: Sofia (in bulgarian).
- Bocheva L. and Markova B. (2017) Cold season tornadoes in Bulgaria - brief analysis. Bul. J. Meteorology & Hydrology, Vol. 22 No 3-4 (2017) 32-41.
- Line et al., (2016) Use of Geostationary Super Rapid Scan Satellite Imagery by the Storm Prediction Center. Weather and Forecasting, Volume 31: Issue 2, 483-494.
- Mohapatra et al., (2021) INSAT-3DR-rapid scan operations for weather monitoring over India. Current science, vol. 120, No. 6, 1026-1034.
- Murphy, A. H. (1996a). The Finley affair: a signal event in the history of forecast verification. Weather Forecasting, 11, стр. 3-20.
- Simeonov P., Bocheva L. and Gospodinov I. (2013) On space-time distribution of tornado events in Bulgaria (1956-2010) with brief analyses of two cases. Atmos. Res., 123, 61-70.
- GFS model https://www1.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html
- НИМХ <http://meteo.bg/>

Христо Христов, Красимир Стоев, Боряна Маркова и др.

EUMETSAT <https://www.eumetsat.int/>

BULATSA <https://www.bulatsa.com/>

Инвестор.БГ АД © 2001-2024 bgonair.bg <https://www.bgonair.bg>

Novini.bg <https://novini.bg/>

Accepted for publication