

Случаи на торнадо в България, регистрирани от началото на 21 век – създаване на база данни и анализ

Лилия Бочева, Петьо Симеонов

Национален институт по метеорология и хидрология,
Българска академия на науките,
бул. Цариградско шосе 66, 1784 София

Abstract. In present work all confirmed cases of tornado or waterspouts in Bulgaria between 2001 and September 2016 are summarized. It included the time and the location of occurrence, the strength and the type of the terrain beneath. Most of the tornadoes in Bulgaria have been classified as F0-F1 of the Fujita scale. The frequency of occurrence of tornadoes in Bulgaria appears to be about 0.33 per unit area of 10^4 km^2 per year. The highest probability has been found to be in the administrative regions of Sofia-city and Razgrad. Some instability indices of the environment associated with the occurrence of tornadoes in Bulgaria have been given.

1 Въведение

Събраните епизодични сведения за торнада (смерчове) в България към 1995 г. са основно по съобщения в пресата, свидетелства на очевидци и описания на специалисти, но намират място главно в научно-популярни публикации (напр. [1] и [2]). Макар и рядко при обстановки, свързани с развитието на мощни конвективни бури, у нас се образуват торнада – най-често над пресечени планински терени или над морската акватория. Появата на торнадо често може да остане нерегистрирана поради липса на очевидци и/или данни за щети, при развитието на вихъра в отдалечени и трудно достъпни планински терени, както и при появата му през тъмната част от денонощието. През последните години благодарение на бурното развитие на електрониката, телекомуникациите, Интернет и др. съобщенията за торнада в медиите значително се увеличиха. Дори в различни любителски уеб-сайтове се появиха опити за събиране и обобщаване на известните случаи на торнадо в България.

Комплексен научен анализ за проявата на тези явления в България е представен в сравнително малко публикации, напр. [3-5], като в по-

вечето от тях подробно са анализирани само отделни случаи. Единствено в монографията на Латинов е направен опит за обобщено представяне на типовете синоптични обстановки, свързани с развитието на торнадо на територията на страната, но само на базата на най-известните от литературата случаи, без да се търсят научни доказателства дали действително става дума за торнадо (смерч).

В настоящето изследване подробно са анализирани и класифицирани всички случаи на торнадо над сушата и водни смерчове за периода 2001 – септември 2016 г. Изследвани са пространствено-времените и някои от термодинамичните им характеристики. Обобщените резултати се подготвят за въвеждане в специализирани таблици в метеорологичната база данни (МБД) на НИМХ, което ще постави началото на систематичното дигитализиране и архивиране на доказаните случаи на торнадо в България.

2 Метод на изследване

Настоящото изследване се базира на данни за 58 случая на торнадо и водни смерчове, регистрирани в България през периода 2001 – септември 2016 г. Данните са взети както от метеорологичните архиви и научни публикации, така и от медиите, разкази на очевидци, данни от архивите на Национална служба “Гражданска защита”, полеви обследвания и данни за щетите от местната администрация. За потвърждение и доказване на случаите са използвани синоптични данни от метеорологичната база данни (МБД) на НИМХ, радарна информация, данни от аерологичните наблюдения в НИМХ, спътникови данни от EUMETSAT и синоптични карти от реанализите на NCEP/NCAR. Данните от аерологичния сондаж са анализирани по метода, представен в [3], като резултатите от анализите показват основни характеристики на вертикалните слоеве на атмосферата в околността смерча. Използваната радарна информация е от измерванията с Автоматизираната радарна система (X and S-band AMS-MRL5) на НИМХ в с. Гелеменово (Пазарджишка област) и от трите радара на Изпълнителна агенция “Борба с градушките” (ИАБГ) S-band AMS-MRL5, които от 2008 г. имат и доплерово измерване на вятъра във височина. По наличната информация е направена и класификация на торнадата според скалата на Фуджита [6].

За всички случаи са изчислени някои индекси на неустойчивост на атмосферата. За пресмятането им са използвани всички налични за периода данни от аерологичните сондажи в София, Солун, Белград и Букурещ. В зависимост от синоптичните условия и местоположението на торнадото за изчисленията е взиман пред вид най-близкият по време и място аерологичен сондаж (в радиус до 300 km – прието и

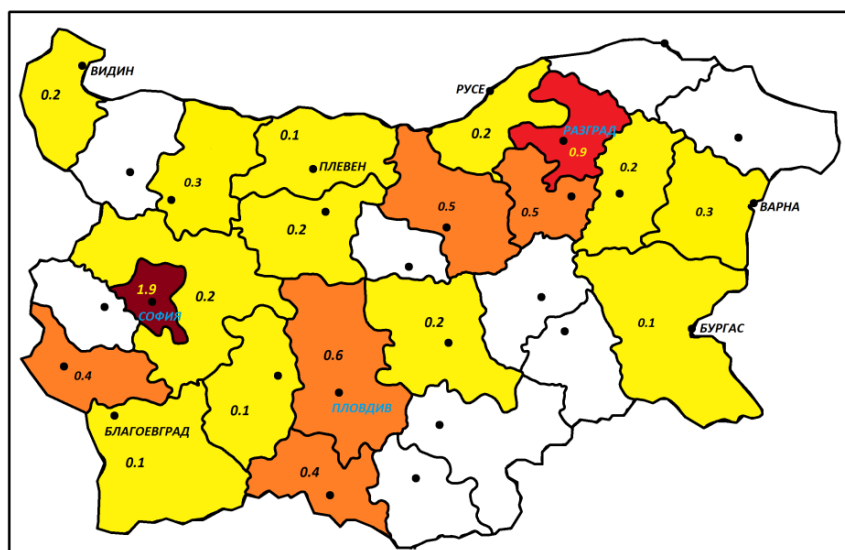
за Гърция от [7]). За пресмятанятията е използван надграденият през 2013 г. емпиричен неадиабатен модел за облачна конвекция [8], като за начални условия се взимат метеорологични данни (атмосферно налягане, температура на въздуха, точка на оросяване, относителна влажност, дефицит на влажността, скорост и посока на приземния вятър) от най-близката синоптична станция. В някои от случаите са използвани и данни от <http://www.esrl.noaa.gov/psd/> (NOAA/ESRL Physical Sciences Division, Boulder Colorado).

3 Пространствено-времеви характеристики на торнадата в България през изследвания период

От началото на 21-век до септември 2016 г. са потвърдени и анализирани 58 торнадо и водни смерчове, които са се случили в 47 дни. Ако се изчисли честотата на появата на торнадо в страната като брой на явленията върху единица площ от $10^4 \text{ km}^2/\text{year}$ (вж. [7]), то за територията на цялата страна имаме средно годишно по 3.6 торнада, което прави $\lambda_6 = 0.33/10^4 \text{ km}^2$, т.е. за разглеждания период годишната честота на торнадата за цялата територия на страната е еднаква с изчислената при същите условия за територията на Австрия ($\lambda = 0.3/10^4 \text{ km}^2$ [9]) и около 4 пъти по-малка от тази в съседна Гърция ($\lambda = 1.1/10^4 \text{ km}^2$ [7]).

На фиг. 1 е представена годишната честотата на регистрираните случаи на торнадо над сушата върху единица площ за всяка област, изчислена за периода 2001 – септември 2016 г. През изследвания период торнадо е регистрирано в 19 области в България, т.е. в около 30% от територията на страната не са наблюдавани такива явления. Най-голяма е регистрираната годишна честота в областите София-град ($1.85/10^4 \text{ km}^2$) и Разград ($0.94/10^4 \text{ km}^2$). По-голяма от пресметнатата по-горе средна за страната е и честотата на торнадата в областите Пловдив ($0.55/10^4 \text{ km}^2$), Велико Търново ($0.54/10^4 \text{ km}^2$), Търговище ($0.46/10^4 \text{ km}^2$), Кюстендил ($0.41/10^4 \text{ km}^2$) и Смолян ($0.39/10^4 \text{ km}^2$). В случая не е изчислявана честотата на водните смерчове за изследвания период. Те се развиват основно над акваторията на Черно море и от началото на 21-ви век са регистрирани 9 в акваторията на обл. Добрич, 2 в обл. Варна и 7 в обл. Бургас. Интересен е и единственият случай на воден смерч, регистриран над закрит изкуствен водоем – 06.08.2007 г. над яз. Доспат, обл. Пазарджик.

Всички изследвани случаи на торнада са класифицирани според релефа и подложната повърхност на местата, където са възникнали. Регистрирани са 14 случая над планински или хълмист терен с ниска растителност, 7 случая над залесени планински или хълмисти участъци, 18 случая над равнинни терени и 19 смерча над водна повърх-

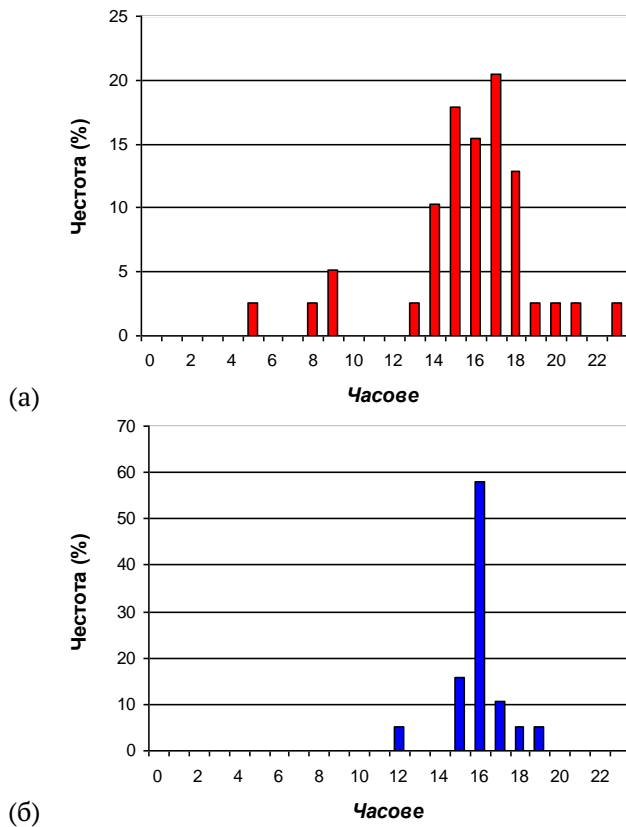


Фиг. 1: Средна годишна честота на регистрираните случаи на торнадо за всяка административна област в България (2001–септември 2016 г.).

ност. Всички известни планински торнада възникват в югозападната част на страната. Един от случаите е наблюдаван на североизточните склонове на Пирин, а друг е регистриран високо в планината Витоша, южно от София. Изследванията на възникналите в планините торнада са силно затруднени от терена и невъзможността от близък оглед на мястото на събитието. Поради тази причина много от по-слабите случаи остават неоткрити или недоказани.

Регистрираните през периода на изследване 39 случая на торнадо над сушата са класифицирани по мощност според скалата на Фуджита. Водните смерчове не са включени в тази класификация, тъй като при тях имаме данни единствено за наличието на връзка между облака и водната повърхност и отчасти за скоростта на вятъра, но няма данни за нанесени щети. Болшинството от случаите на торнадо в България (76%) могат да бъдат определени като слаби (F1 или по-малко). Този процент е съизмерим с изследванията в Германия и Австрия, където регистрираните слаби торнада са между 55 и 62% [9,10] и е по-малък от 86% случаи на торнада с мощност F1 или по-малко, регистрирани във Финландия [11]. Тенденцията за увеличаване на броя на слабите торнада в регионалните бази данни през последните 20 години е типична както за Европа, така и за САЩ [10,12].

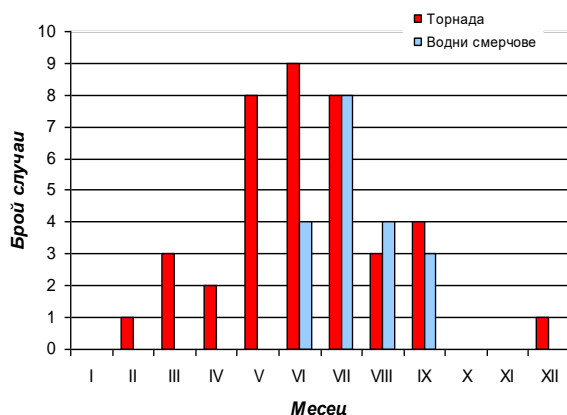
Случаи на торнадо в България, регистрирани от ...



Фиг. 2: Денонощно разпределение на случаите на торнадо (а) и водни смерчове (б) в България за периода 2001-септември 2016 г.

В 14% от случаите мощността е определена като клас F1-F2, тъй като данните за нанесените щети са характерни за по-горната категория, а данните за скоростта на вятъра – за по-ниската категория в скалата на Фуджита. До сега от всички известни случаи в България, няма торнадо с мощност над F3.

Изследвано е и денонощното разпределение на торнадо и водни смерчове в България (фиг. 2). Около 78% от всички случаи на торнадо над сушата (фиг. 2а) са регистрирани в следобедните часове, главно между 14:00 и 18:00 часа местно време, което съвпада с отчетените денонощни максимуми и в други страни от Европа [11]. Що се отнася до смерчовете над водна повърхност, то за изследвания период всички водни са забелязани в часовете след пладне, като над 87% са в интервала 15:00 и 18:00 часа.



Фиг. 3: Месечно разпределение на случаите на торнадо и водни смерчове в България за периода 2001-септември 2016 г.

Месечното разпределение на торнадо и водни смерчове е показано на Фиг. 3. Около 85% от случаите на торнадо са регистрирани през топлото полугодие с максимум през м. юни (24%), което е по-рано в сезона от установените максимуми в други страни от централна и източна Европа. Според климатологията на торнадата в Германия [10], Австрия [9] и Гърция [7], те са най-чести през м. юли. В някои южноевропейски страни най-голям брой торнада са регистрирани дори още по-късно, през втората половина на топлото полугодие. За Италия този максимум е през август [13], а за Испания – през септември [14].

В България през изследвания период всички водни смерчове са регистрирани между юли и септември (Фиг. 3), когато температурата на морската вода обикновено е най-висока. Това съвпада с отчетения максимум на водни смерчове в Хърватия [15] и Северна Гърция [7].

В настоящето изследване са разгледани и 5 случая на торнадо през студеното полугодие. Четири от тях са регистрирани в Южна България и само едно “зимно” торнадо в Североизточна България. Това може да е следствие както от наблюдаваното повишение на зимните температури (ефекта на т.нар. глобално затопляне), така и от бурното развитие на електрониката и комуникациите, причина за често документиране на торнада през последните години. Всички случаи на “зимно” торнадо са свързани с развитието на нетипични за сезона синоптични обстановки, при които под влияние на бързо подвижен и мощен студен фронт, студена и влажна въздушна маса измества топлата и суха въздушна маса при земята.

4 Индекси на неустойчивост

Изчислени са набор от индекси на неустойчивост за всички случаи на торнадо над сушата. Това изследване е направено с цел да се представят термодинамичните особености на атмосферата при регистрираните случаи на торнадо в България, подобно на изследванията направени от [7,16] и др. В настоящето изследване са изчислени 4 индекса на неустойчивост – KI, TTi, LI и SWEAT – описващи потенциала за развитие на мощна конвекция на базата на измервания на профилите на температурата, влагата и вятъра в ниската и средна тропосфера. Когато стойностите на тези индекси нарастват, атмосферната устойчивост намалява. Според редица изследвания [17], когато стойностите на KI индекса са по-високи от 25, а на TTi индекса надвишават 49, то може да се твърди, че са налице условия за развитието на опасни метеорологични явления (мощни гръмотевични бури, град дори торнадо). В табл. 1 са представени изчислените средни, минимални и максимални стойности за всеки един от представените по-горе индекси, както и стандартното им отклонение. Получените средни стойности за всички случаи на торнадо през периода 2001-септември 2016 г. от $KI = 30.2$, $TTi = 51.3$, $LI = -4.9$ са над граничните стойности за развитие на конвективни бури. Получените стойности за TTi са съизмерими с резултатите за този индекс в случаите на торнада в САЩ [18]. Средната стойност за SWEAT индекса от 233.7 дори е по-висока от получената за същия период стойност за торнадо над сушата в Северна Гърция [7], но и при нашите пресмятания не са получени стойности над критичния праг от 400, типични за случаите на торнадо в САЩ през летните месеци. Все пак, получената в изследването средна стойност на SWEAT индекса, е съизмерима с тази, пресметната за един от месеците с най-голяма честота на торнадо в САЩ – м. май ($SWEAT_{\text{май}} = 253$ [18]). Останалите параметри, представени в табл. 1, също са съизмерими с тези, изчислени за територията на южната ни съседка, където средните стойности на съответните индекси са: $KI = 29.2$, $TTi = 48$, $LI = -1.6$ [7].

Таблица 1: Индекси на неустойчивост на атмосферата за случаите на торнадо в България (2001 – септември 2016 г.)

Index	Mean	MIN	MAX	SDV
KI, °C	30.2	13.9	43.7	7.4
TTi, °C	51.3	42.5	61.0	4.4
LI, °C	-4.9	-13.7	5.3	3.7
SWEAT	233.7	107.8	399.9	85.4

5 Създаване на база данни за доказаните случаи на торнадо и водни смерчове в България

Всички събрани данни от различни източници на доказаните случаи на торнадо и водни смерчове в България са обобщени в специализирана таблица. В нея се съдържа основната информация за явленията като: дата и час, място на регистрация (по възможност с координати); времетраене на процеса (от – до в минути); изминат път; ширина на сухоземното торнадо; щети; степен по скалата на Фуджита; съпътстващи опасни метеорологични явления (градушки, поройни дъждове и др.). За да може да се използва заедно с останалата метеорологична информация, таблицата трябва да е изградена по сходен начин с останалите таблици в МБД на НИМХ. Цялата събрана информация за всяко отделно явление, включваща снимков материал, данни от медиите, резултати от обследване на място, данни от местни администрации, застрахователи и др., трябва да се архивира и съхранява отделно. От изключително значение е създаването на анкетна карта с насочващи въпроси, стандартизирани с практиката в други европейски страни, за наблюдавани случаи на торнадо и водни смерчове, която да се качи на сайта на НИМХ.

6 Изводи

Изследваните случаите на торнадо в България показва, че те възникват главно в планинските части на страната, но не са изключени и над равнините. Получените средни честоти на единица площ на явлението за целия период на изследване са съизмерими със стойностите за съседни и близки на България региони от Европа. Същите изводи могат да се направят и за изчислените термодинамични характеристики на торнадата в България през периода 2001-септември 2016 г.

Денонощното разпределение на торнадо и водните смерчове в България показва, че болшинството от всички случаи са регистрирани в следобедните часове, главно между 14:00 и 18:00 часа местно време, което съвпада с отчетените денонощни максимуми и в други страни от Европа. Месечното им разпределение сочи, че 93% от всички случаи са през топлото полугодие (април-септември). В България торнадо над сушата е регистрирано най-често през м. юни (24%), докато максимумът в разпределението на водните смерчове е през месец юли (като брой случаи) и август (като брой дни), когато температурата на морската вода обикновено е най-висока.

Подобно на повечето страни в Европа, болшинството регистрирани случаи на торнадо над сушата са сравнително слаби (F0–F1 по

Случаи на торнадо в България, регистрирани от ...

скалата Фуджита). Следователно и за нашата страна се потвърждава тенденцията за увеличаване на броя на слабите торнада, която през последните 20 години е типична за регионалните бази данни както на Европа, така и на САЩ.

Литература

- [1] Сиракова М., Д. Сираков., К. Дончев (1989) Метеорология за всеки. Наука и изкуство, София, 338 стр.
- [2] Мардиросян Г. (2009) Природни бедствия и екологични катастрофи: Изучаване, превенция и защита. Акад.изд. „Проф. М. Дринов”, София, 376 стр.
- [3] Simeonov P., C.G. Georgiev (2001) *Atmos. Res.*, 57, 187-199.
- [4] Латинов Л. (2006) Синоптични условия за снежни бури, поледици, смерч и прашни бури в България. Изд. ЛИТО Балкан АД, София, 191 стр.
- [5] Simeonov P., L. Bocheva, I. Gospodinov (2013) *Atmos.Res.*, 123, 61-70.
- [6] Fujita T.T. and A. D. Pearson (1973) *Preprints 8th Conf. on Severe Local Storms*, Denver. AMS, Boston, pp. 142-145.
- [7] Sioutas M. (2011) *Atmos. Res.* 100, 344-356.
- [8] Simeonov P., D. Syrakov (1988) 10th Int.Cloud Phys. Conf., August, Bad Homburg, Deutscher Wetter dienst, Offenbach of Main, Germany, vol. II, 576-578.
- [9] Holzer A. M. (2000) *Atmos. Res.* 56, 203-212.
- [10] Bissolli P., J. Grieser, N. Dotzek, M. Welsch (2007) *Glob. And Plan. Change*, 57, 1-2, 124-138.
- [11] Rauhala J., H.E. Brooks, D. Schultz (2012) *Mon.Wea.Rev.*, 140, 1446-1456.
- [12] Dotzek N. (2000) Impacts of the RPI workshop: Tornadoes and Hail, Bermuda, November 2000.
- [13] Giaiotti D., M. Giovannoni, A. Pucillo, F. Stel (2007) *Atmos. Res.*, 83, 534-541.
- [14] Gaya M. (2011) *Atmos. Res.*, 100, 334-343.
- [15] Renko T., J. Kuzmic, N. Strelec Mahovic (2013) Ext. abs. of 7th ECSS, 3-7 June 2013, Helsinki, Finland (www.essl.org).
- [16] Brooks H. E., J. W. Lee, J. P. Craven (2003) *Atmos. Res.*, 67-68, 73-94.
- [17] Siedlecki M. (2009) *Theor. Appl. Climatol.* 98, 85-94.
- [18] David Cl. (1976) *Mont.Weath.Rev.*, 104, 546-551.