Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology

Национален институт по метеорология и хидрология

National Institute of Meteorology and Hydrology

Bul. J. Meteo & Hydro 24/1 (2020) 1-17

Use of a Forecasting Index of Stability in Situations with a Foehn in Sofia

Krasimir Stoev[*, 2], Anastasiya Stoycheva[1], Hristo Hristov[1], Guergana Guerova[2]

[1] National Institute of Meteorology and Hydrology, 66 Tsarigradsko Shose blvd, 1784 Sofia, Bulgaria

[2] Sofia University, Faculty of Physics, Department of Meteorology and Geophysics, 5 James Bourchier blvd, 1164 Sofia, Bulgaria

Abstract: Severe weather events are extreme manifestations of weather and climate. Foehn forecasting is an important task of the short and medium range weather forecast and it has huge social and economic significance. The purpose of this study is to assess the developed index of stability Cherni Vrah - Sofia, based on observations and data from a numerical model for weather conditions leading to the Foehn appearance in Sofia for the period November 2019 - January 2020. In addition, a comparison is made between subjective type classification Bulgaria Foehn Type (BFT) and two objective type classification, Gross Wetter Type and Jenkinson-Collinson Type (GWT and JCT), of the atmospheric circulation, leading to the Foehn appearance in Sofia. A connection has been found between the appearance of a Foehn in Sofia and the Cherni Vrah wind direction. Using this connection a modification of the experimentally used algorithm in the operational practice in NIMH is done and it is used for automatic forecasting of the Foehn.

Keywords: Extreme weather events, Foehn, Cherni vrah-Sofia Stability Index

Използване на прогностичен индекс на устойчивост при обстановки с фьон в София

Красимир Стоев[1,2]*, Анастасия Стойчева[1], Христо Христов[1], Гергана Герова[2]

[1]Национален институт по метеорология и хидрология, бул. " Цариградско шосе №66, 1784 София

[2] Софийски университет Св "Климент Охридски, Катедра "Метеорология и геофизика", 1164 София

* krasimir.stoev@meteo.bg

Резюме: Опасните метеорологични явления са екстремни прояви на времето и климата. Прогнозирането на фьона е важна задача пред краткосрочната и средносрочната прогноза за времето и има определено социално и икономическо значение. Целта на това изследване е да се оцени разработения индекс на устойчивост Черни връх - София, базиран на наблюдения и данни от числен модел за синоптични обстановки, водещи до появата на фьон в София за периода ноември 2019 - януари 2020 г. Направено е сравнение между субективна типизация Bulgaria Foehn Type (BFT) и две обективни типизации GrossWetterType и Jenkinson-Collinson Type (GWT и JCT) на атмосферната циркулация, водещи до появата на фьон в София. Установена е връзка между появата на фьон в София и посоката на вятъра на Черни връх. От получените резултати се прави модификация на тестово използваната в оперативната практика блок-схема за автоматично прогнозиране на фьона като опасно метеорологично явление.

Ключови думи: опасни метеорологични явления, фьон, индекс на устойчивост Черни връх - София

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Опасните метеорологични явления са екстремни прояви на времето и климата. В България Националният институт по метеорология и хидрология (НИМХ) е единственото оторизирано звено, което изготвя и изпраща специализирани прогнози към организации и държавни служби, отговарящи за защитата на населението при настъпване на екстремни метеорологични явления. От 2001 г. НИМХ издава прогнози за опасни и особено опасни метеорологични явления (Стойчева и др., 2013), а от края на 2009 г. тази дейност е част от европейската система METEOALARM (Попова и др., 2013). Прогнозите за опасни метеорологични явления за следващите 48 часа в 28-те административни области на България се публикуват и обновяват непрекъснато и са достъпни на страницата на НИМХ (http://info.meteo.bg/opasni/). Изготвят се предупреждения за: силен вятър, значителни и/или интензивни валежи/снеговалежи, гръмотевични бури, екстремно високи и ниски температури, мъгла и др. (Попова и др., 2013). Един от елементите за прогноза на опасни явления е силният и поривист вятър. Той може да предизвика много материални щети: "съборени сгради, отнесени покриви, пречупени или изкоренени дървета, скъсани кабели и проводници, силно вълнение в морето. В комбинация с други неблагоприятни явления, като ниски температури, наличие на прах във въздуха, снеговалежи, затопляне, може да е причина за заледявания, прашни бури, образуване на преспи и навявания по пътищата, интензивно снеготопене и наводнения и др." (Попова и др., 2013). Метеорологично явление, проявяващо се при определени синоптични обстановки в Софийското поле е силният и поривист вятър - фьон. Фьонът се отличава не само с високите си скорости и наличието на пориви, но в част от случаите проявите му са продължителни – до две и повече денонощия. За периода 1975-2014 г. Стоев

и Герова (Stoev and Guerova, 2020) изготвят климатология на фьона в София и го разглеждат като опасно метеорологично явление. Изследването установява 298 дни с фьон в София и средногодишен брой дни с фьон - 7.5 дни. След 2004 г. има тенденция за рязко намаляване на броя на дните с фьон. Максимален брой на дни с фьон има през 1978 година - 18 дни, а минимален - през 2005 и 2012 година - 1 ден. Месецът с най-голям брой дни с фьон е март - 56 дни, следван от април - 46, февруари - 43, декември - 32 и ноември - 29 дни. През периода 1975-2014 година най-продължителна е фьоновата синоптична обстановка от 24 февруари до 2 март 1989 г. - общо 7 дни. Има 3 случая с 4-дневен период, а именно: 1) от 26 февруари до 1 март 1990 г.; 2) от 24 до 27 февруари 1995 г.; и 3) от 9 до 12 април 1998 г. В периода 1975-2014 г. най-честите случаи (47) са с продължителност 2 дни, като 10 случая са с продължителност 72 часа. От направеното разпределение на пулсациите на фьона в София за периодите 1975-1990 и 1991-2014 г., използвайки критериите за опасно метеорологично време по Европейската система METEOALARM, се установява, че в 26 % от дните с фьон пулсациите на вятъра са до 14 m/s, което не се определя като опасно време. В 52 % от случаите пулсациите на вятъра са между 14 и 19 m/s, което отговаря на предупреждение от първа степен (код жълто) в системата METEOALARM. В 21 % от дните с фьон скоростта на пулсациите е между 20 и 29 m/s, което влиза в критериите за предупреждение от втора степен - оранжев код. За 40-годишния период само в 1 % от дните с фьон пулсациите на вятъра са над 30 m/s, което отговаря на предупреждение от най-висока степен - червен код. През 10 години в София духа фьон с пулсации над 30 m/s (Stoev and Guerova, 2020).

При издаването на предупреждения за опасни явления, оперативните специалисти в НИМХ разполагат с информация от числени модели за прогноза на времето (глобални и регионални), както и редица иновативни продукти, разработвани от Европейския център за средносрочни прогнози (ECMWF), като например, прогностичен индекс за екстремно време (Extreme Forecast Index, EFI). EFI (Lalaurette, 2002) обобщава информацията от ансамблови числени прогнози и дава индикация за райони с потенциално опасни екстремни метеорологични явления. Едновременното използване на EFI и на детерминистичните прогнози на регионалния числен модел ALADIN позволява прецизиране и по-детайлно информиране за местоположението и интензивността на очакваните опасни метеорологични явления (Стойчева и др., 2013).

Въпреки усъвършенстването на съвременните методи за прогноза на времето, местните ветрове остават предизвикателство при изготвяне на оперативната прогноза, поради взаимодействието на въздушните маси със сложната орография, каквато представлява районът на Софийското поле с прилежащите планини. Целта на това изследване е да се приложи в оперативната практика модифицираният индекс на устойчивост Черни връх - София (SSI*) при фьонови обстановки в София за периода 1993-2014 г. в обстановките от 2019-2020 г. Направен е сравнителен

анализ между субективна и обективна типизация на атмосферната циркулация от Стоев и др. (2019). Получените резултати се използват при изготвянето на прогнозата за опасно силен и поривист вятър през 2020-2021 г.

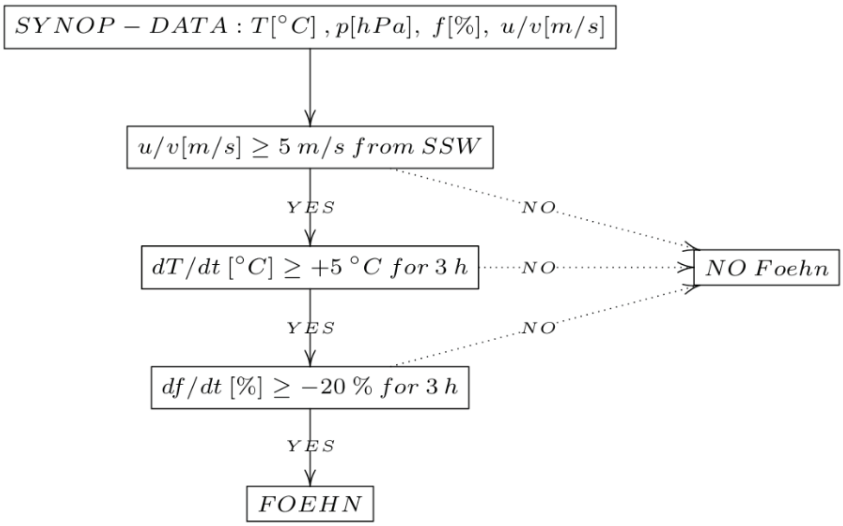
2. МЕТОД НА РАБОТА

В изследването са използвани данни от синоптичните наблюдения, провеждани в Централната метеорологична станция (ЦМС) в София и високопланинска синоптичната станция Черни връх, част от наблюдателната мрежа на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ). В масива от данни, подлежащи на обработка и анализ са включени следните метеорологични елементи: 1) температура, 2) относителна влажност на въздуха, 3) посока и скорост на вятъра, 4) пулсации на вятъра.

2.1. Класификация на фьона и типизация на синоптичните обстановки

Класифицирането на вятъра като фьон е направено по количествен критерии на Христов и Танев (Христов и Танев, 1970), показан в блок схема на фигура 1. Анализирани са приземни синоптични карти: Европа и Балкански полуостров и карти на абсолютната топография на височини: 850 hPa, 700 hPa и 500 hPa, ежедневно разработвани в оперативната практика в НИМХ. Въз основа на синоптичния анализ е направена типизация на синоптичните обстановки, довели до появата на фьон, използвайки разработената от Стоев и Герова (Stoev and Guerova, 2020) субективна типизация на обстановките с фьон в София - Bulgaria Foehn Type (BFT). От синоптичната практика е добре известно, че фьоновите синоптични обстановки са свързани с наличието на циклонални образувания в Средиземноморието и/или Централна Европа. Проявленията на фьона са особено чувствителни към взаимодействието между орографията и атмосферния поток, организиран в съответния мезомащабен процес (циклонален вихър), неговата траектория и разположение спрямо орографското препятствие.

Направена е автоматична типизация на синоптичните обстановки чрез използването на софтуерен продукт за автоматична типизация, разработен по време на COST Action 733 (http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cost733class-1.2), с две класификационни схеми - GWT (Gross Wetter Types) (James, 2007) и JCT (Jenkinson Collison Type) (Jones et al.,1993), съответно с 10 и 27 класа на ниво 850 hPa за домейн 10 - Централно Средиземноморие и Балкански полуостров, като са използвани входни данни за геопотенциала от реанализите на ERA-5 (Hersbach et al., 2020) за периода 1979-2019 г.



Фиг. 1. Схематично представяне на класифицирането на фьон в България (Христов, 1970), репродукция на К. Стоев, 2019.

Fig. 1. Schematic representation of foehn classification in Bulgaria (Hristov, 1970), reproduced by K. Stoev, 2019

2.2. Индекс на устойчивост Черни връх-София (SSI*) при обстановки с фьон

В тази работа се използва разработения от Стойчева и Евтимов (2014) индекс на устойчивост Черни връх - София (Sofia Stability Index - SSI). За пресмятането на индекса се използват стойностите на температурите от регулярните наблюдения в синоптичните станции в София и на Черни връх, част от наблюдателната мрежа на НИМХ. Индексът представлява една интегрална характеристика на степента на устойчивост на слоя между 600 m и 2300 m надморска височина, приблизителните надморски височини, на които се намират двете наблюдателни станции. SSI е конструиран въз основа на концепцията за честота на Брент-Вайсала, която оценява степента на статичната устойчивост на атмосферния слой над София. Колкото по-висока е тази честота, толкова по-висока е локално и степента на устойчивост, като максималните стойности са в слоевете на температурна инверсия. Ако приемем, че на всеки 100 m температурата се изменя с 1 градус (теоретичния максимум на промяна на температурата с височината), за безразмерната честота на Брент-Вайсала (Стойчева и Евтимов, 2014) се използва формула (1), където Δt е температурната разлика между Черни връх и София, а $t_{Ch.vrah}$ е температурата на въздуха на Черни връх в градуси по Целзий (°C). Формула (1) е конструирана за случаи с мъгла, когато устойчивостта на атмосферния слой е

висока. Аналогично, но в обратна посока по отношение на устойчивостта, заради турбуленцията, резултат от механичното смесване (Elvidge and Renfrew, 2016) се намират случаите, при които в София се реализира фьон (таблица 1). Във тази връзка и стойностите на индекса на устойчивост се разполагат в двата края на интервала (0; 1], съответно при фьон и при мъгла.

$$SSI = \sqrt{\frac{1+\Delta t/17}{1+tch.vrah \quad /273.15}} \tag{1}$$

$$SSI^{*} = \sqrt{\frac{\mathbf{1+\Delta t}/22}{\mathbf{1+tch.vrah/273.15}}} \tag{2}$$

Таблица 1. Характеристики на атмосферата при мъгла и фьон

Table 1. Atmospheric characteristics of fog and foehn

	МЪГЛА	**ФЬОН**
Състояние на атмосферата - Стойност на SSI, SSI*	устойчива, инверсионно състояние - близки до 1	неустойчива, турбулентно състояние - клонящи към 0
Приземна температура	понижение	повишение
Относителна влажност на въздуха	повишение	понижение
Вятър	почти тихо	силен и бурен вятър, пориви

Количествена оценка за състоянието на атмосферата се явява индексът на устойчивост, който при обстановки с фьон в София се пресмята по формула (2). В нея е направена модификация на коефициента, отчитащ промяната на температурата с височина за слоя въздух между нивата, на които са разположени София и Черни връх, по известния ни градиент ($0.65 \leq \gamma, \gamma a \leq 1$). Във формула (1) този коефициент е 17 и отразява разликата в надморската височина между София и Черни връх, възлизаща на 1700 m и промяната на температурата на всеки 100 m, като при пресмятанията е взет теоретичният максимум на $\gamma, \gamma a$ (= 1). При обстановки с фьон индексът на устойчивост SSI^{*} отчита факта, че температурният градиент е по-голям от 1 °C за 100 m, т.е. реализира се свърхадиабатен температурен градиент и коефициентът на мащабиране се променя на 22, което се равнява на промяна на температурата с 1.29 °C на всеки 100 m.

2.3. Числен модел ALADIN

ALADIN-BG е основният регионален числен модел, използван за изготвяне на краткосрочна прогноза за времето в оперативната работа в НИМХ от май 1999 г. Той е спектрален модел за регионална прогноза на метеорологични полета и явления. Разработката и развитието му се извършва от консорциум с шестнадесет страни-членки, като водещ партньор е Метео Франс, а българският екип учени от НИМХ участва активно от самото начало на тази дейност (http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/). Параметрите на оперативното приложение в НИМХ са следните: хоризонтална стъпка 5000 m, 105 нива във височина и стъпка по времето 300 s. Интегрирането на модела става два пъти на ден с начални условия в 06 и 18 UTC, като резултатът е 72 часова прогноза за район, центриран върху България.

3. РЕЗУЛТАТИ

3.1 Сравнителен анализ на субективна и обективна типизация за обстановки с фьон през 2019-2020 г.

Използвайки количествен критерии на Христов и Танев (1970) за класифицирането на вятъра като фьон, бяха определени 3 дни с фьон в района на ЦМС в София в периода 01.01.2019 - 31.12.2020 г. За синоптичните обстановки с фьон в София от 01.11.2019 г. до 31.01.2020 г. е направено сравнение между типовете атмосферна циркулация, с използване на вече изготвеното от Стоев и др. (2019) сравнение между субективната класификация на фьонови синоптични обстановки (BFT) и автоматична класификационна схема GWT. В настоящата работа е добавена и нова класификационна схема - JCT. Резултатите са показани в таблица 2 и на фигура 2.

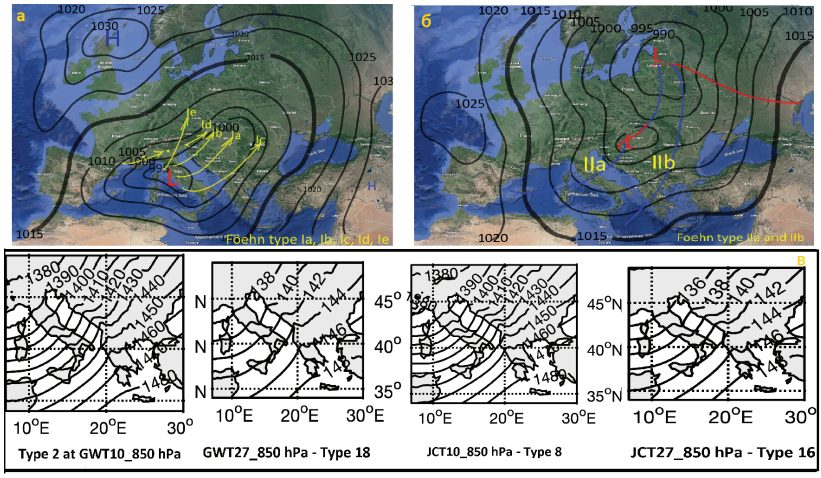
Както се вижда от таблица 2, първата фьонова синоптична обстановка от 4.11.2019 г., според субективната класификацията на Стоев и Герова - BFT (Stoev and Guerova, 2020), е от тип 2а. Характерно за фьонова синоптична обстановка от тип 2а е, че циклонът е разположен над Прибалтика, а по свързаният с него студен атмосферен фронт над Унгарската низина се формира втори циклонален вихър (фигура 3б). При обстановката от 21.12.2019 г. циклон от Италия се премества на североизток през Унгария (фигура 2а). Тази обстановка се класифицира като тип 1, представляващ средиземноморски път 1 на траекторията на центъра на циклона. От направената автоматична класификация на синоптичните обстановки с фьон в София през ноември и декември 2019 г. (фигура 2в) се вижда, че и двете класификационни схеми (GWT & JCT), съответно с 10 и 27 класа на ниво 850 hPa дават едни и същи резултати. Характерното за всички типове автоматично класифициране на синоптичните обстановки е, че над северозападните райони от Балканския полуостров баричното поле на височина 850 hPa е циклонално. В

таблица 1 са показани и стойностите на индекса на устойчивост при обстановки с фьон SSI* и кода на предупреждение, според Европейската система за прогноза на опасни метеорологични явления - METEOALARM. За синоптичната обстановка от 2020 г., която според субективната типизация е от тип 3а, при който циклонален вихър от Западна Европа се премества към Прибалтика и фьонът в София се проявява пред студения атмосферен фронт, не е направено сравнение с обективните класификационни типове, тъй като реанализите от ERA5 са до края на 2019 г. Обект на последващо изследване за попълване на проучването, е изготвяне и на липсващото до момента сравнение.

Таблица 2. Фьонови синоптични обстановки 2019-2020. Колона 2 - стойности на SSI*; колона 3 - кодиране по METEOALARM; колона 4, 5, 6, 7 и 8 - вид типизация.

Table 2. Foehn synoptic situations 2019-2020. Second column contains SSI* values, third - Meteoalarm codes, columns 4-8 - type of typification

гг-мм-дд-чч	SSI*	Метеоаларм код	BFT_ Stoev	GWT_ 10_850	GWT_ 27_850	JCT_ 10_850	JCT_ 27_850
2019-11-04-00	0.57	зелен	2а	2	18	8	16
2019-12-21-21	0.48	оранжев	1	2	18	8	16
2020-01-28-15	0.50	зелен	3а	-	-	-	-

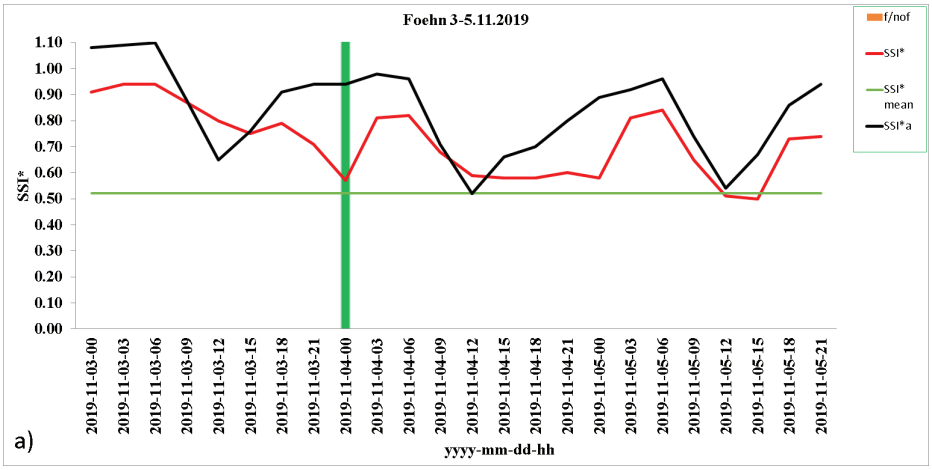


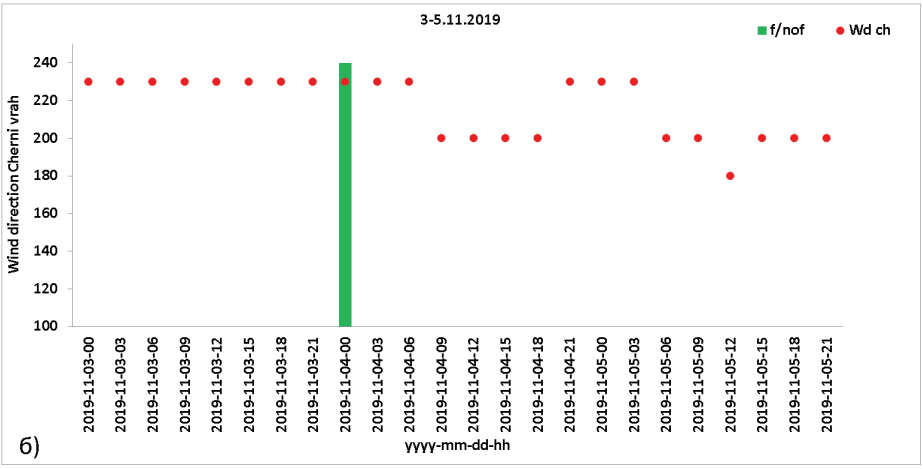
Фиг. 2. (а) и (б) Субективна типизация (BFT) и (в) обективна типизация с класификационни типове GWT и JCT за обстановки 4-6.11.2019 и 20-22.12.2019 г.

Fig. 2. Subjective typification with classification types GWT and JCT for cases 4-6.11.2019 and 20-22.12.2019

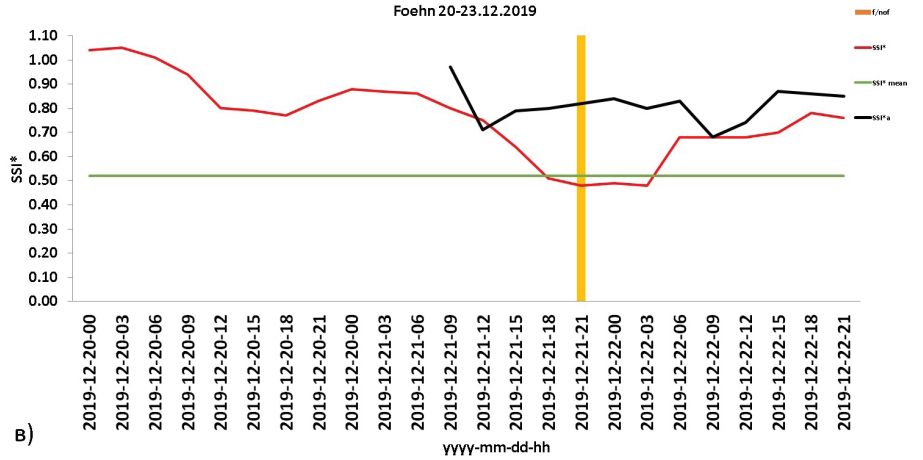
3.2 Индекс на устойчивост и връзка с вятъра на Черни връх за обстановки с фьон през 2019-2020 г.

Индексът на устойчивост Черни връх - София е пресметнат от наблюдения и данни от числен модел. Резултатите са представени на фигура 3 (а, в, д). С червена линия е представен индексът на устойчивост Черни връх - София (SSI^*) от наблюдения, а с черна линия - от числен модел (SSI^*_a). На фигурите с цветен баркод е фиксиран моментът на регистрация на фьон, като цветовете отговарят на скоростта на вятъра, според METEOALARM. На фигура 3 (б, г, е) са представени посоките на вятъра на Черни връх (червени точки) по време на разглежданите фьонови синоптични обстановки. Характерното за индекса на устойчивост пресметнат с данни от наблюдения е, че има ниски стойности, а при обстановката от декември 2019 г. стойността му се понижава и под средното прагово ниво за реализиране на фьон в София, което е 0.52. При първата обстановка, след появата на фьона на 4.11.19 г. в 00 часа индексът на устойчивост (SSI^*) има още два минимума (фигура 4а), но в района на ЦМС вятърът не се проявява като фьон, въпреки това преобладаващата посока е от южната четвърт. Една от причините за не появата на фьон е, че на Черни връх вятърът има променлива посока, както се вижда от фигура 4б. При обстановката от декември 2019 г., при която в София пулсациите на фьона достигат 23 m/s и съответстват на оранжев код според METEOALARM, посоката на вятъра на Черни връх се запазва постоянна: 202° (фигура 4г). Климатологията на вятъра на Черни връх при фьонови синоптични обстановки в периода 1993-2014 показва, че 80 % от обстановките с код оранжев са при посока между 202° и 225°. За разглежданите фьонови синоптични обстановки индексът на устойчивост (SSI^*_a), пресметнат с данни от числения модел ALADIN-BG, е със завишени стойности. Една причина за това може да бъде орографията на модела.

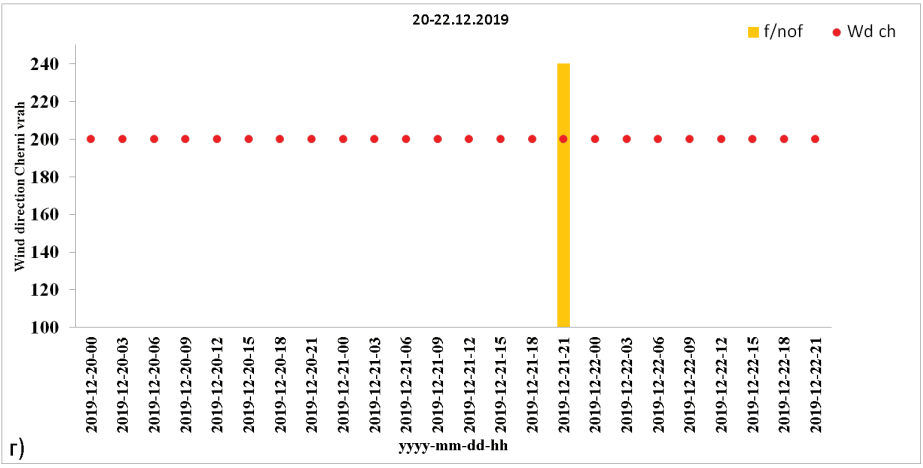



3-5.11.2019
f/nof
Wd ch
Wind direction Cherni vrah
240
220
200
180
160
140
120
100
2019-11-03-00
2019-11-03-03
2019-11-03-06
2019-11-03-09
2019-11-03-12
2019-11-03-15
2019-11-03-18
2019-11-03-21
2019-11-04-00
2019-11-04-03
2019-11-04-06
2019-11-04-09
2019-11-04-12
2019-11-04-15
2019-11-04-18
2019-11-04-21
2019-11-05-00
2019-11-05-03
2019-11-05-06
2019-11-05-09
2019-11-05-12
2019-11-05-15
2019-11-05-18
2019-11-05-21
yyyy-mm-dd-hh

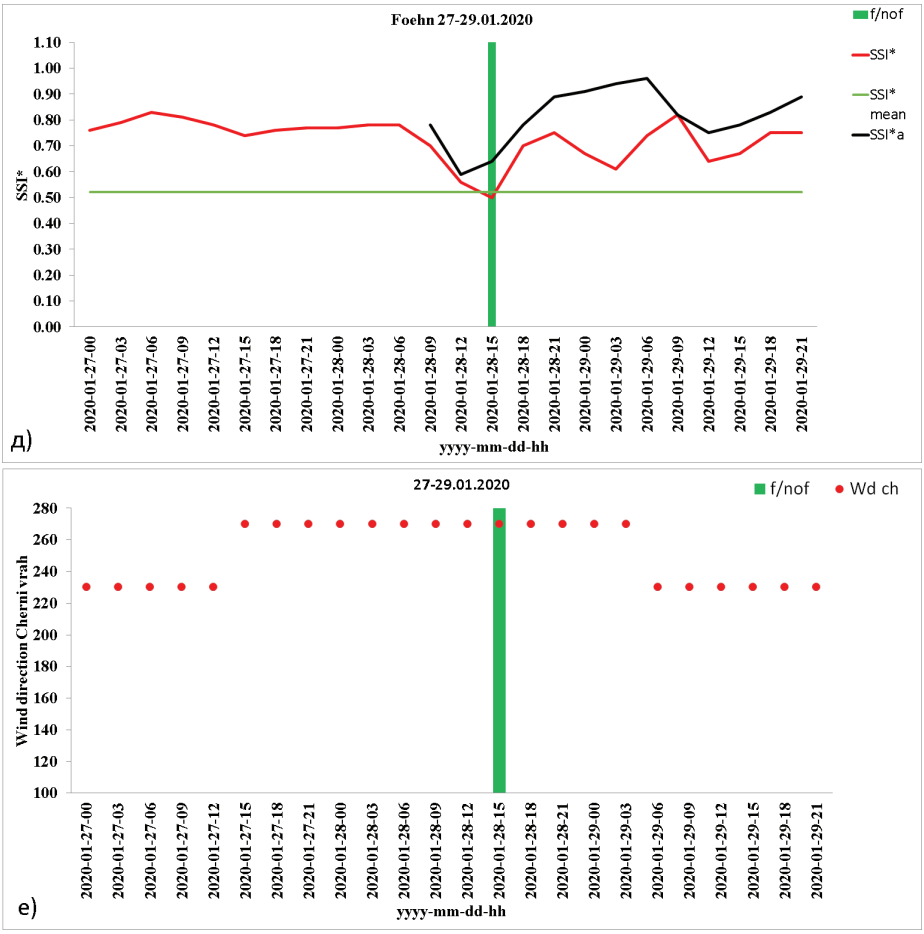
б)


Foehn 20-23.12.2019
f/nof
SSI*
SSI* mean
SSI*a
SSI*
1.10
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
2019-12-20-00
2019-12-20-03
2019-12-20-06
2019-12-20-09
2019-12-20-12
2019-12-20-15
2019-12-20-18
2019-12-20-21
2019-12-20-00
2019-12-21-03
2019-12-21-06
2019-12-21-09
2019-12-21-12
2019-12-21-15
2019-12-21-18
2019-12-21-21
2019-12-22-00
2019-12-22-03
2019-12-22-06
2019-12-22-09
2019-12-22-12
2019-12-22-15
2019-12-22-18
2019-12-22-21
yyyy-mm-dd-hh

в)


20-22.12.2019
f/nof
Wd ch
Wind direction Cherni vrah
240
220
200
180
160
140
120
100
2019-12-20-00
2019-12-20-03
2019-12-20-06
2019-12-20-09
2019-12-20-12
2019-12-20-15
2019-12-20-18
2019-12-20-21
2019-12-21-00
2019-12-21-03
2019-12-21-06
2019-12-21-09
2019-12-21-12
2019-12-21-15
2019-12-21-18
2019-12-21-21
2019-12-22-00
2019-12-22-03
2019-12-22-06
2019-12-22-09
2019-12-22-12
2019-12-22-15
2019-12-22-18
2019-12-22-21
yyyy-mm-dd-hh

г)



Фиг. 3. Схематично представени: SSI* (червена линия) и SSI^*_a (черна линия), посоката на вятъра на Черни връх (червени точки) по време на фьон (цветен вертикален стълб) в София за синоптични обстановки: (а, б) 3-5.11.2019 г. (в, г) 20-22.12.2020 г. (д, е) 27-29.01.2020 г.

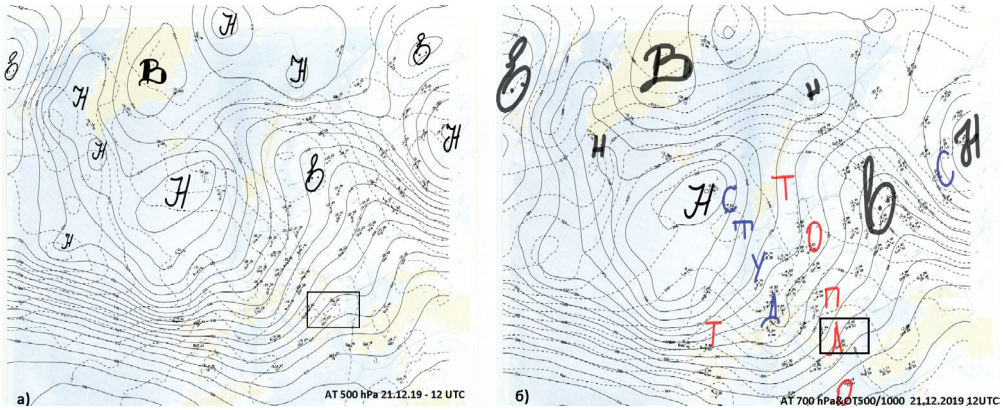
Fig. 3. Schematic representations of SSI*(red line) and SSI^*_a (black line), wind direction on Cherni Peak (red dots) during foehn (barrel vertical column) in Sofia for synoptic cases (a, b) 3-5.11.2019. (c, d) 20-22.12.2020 г. (e, f) 27-29.01.2020.

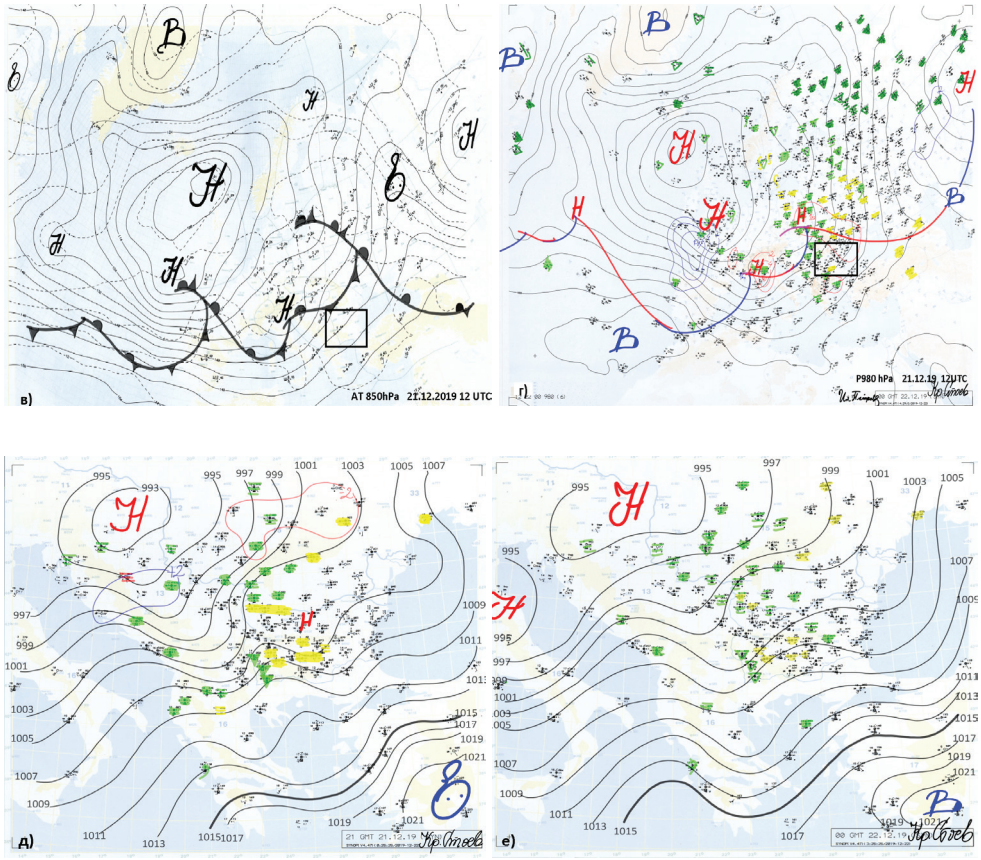
3.3. Фьонова синоптичната обстановка 20-22.12.2019 г.

На фигура 4 е представена фьонова синоптичната обстановка от 20-22.12.2019 г., при която в района на ЦМС в София има регистрирани пулсации на вятъра от 23 m/s. Вятърът нанася материални щети: паднали дървета, поражения по

електропреносната мрежа в София, където без ток остават голяма част от южните квартали на града. Пренасочени за кацане към летища на съседни държави са и 3 полета от летище София. За синоптичната обстановка оперативното звено на НИМХ издава предупреждение от първа степен - жълт код за опасно силен вятър.

Във височина на 500 hPa Балканският полуостров попада в предната част на барична долина, част от дълбок атлантически циклон. Над полуострова се пренасят топли въздушни маси (фиг. 4б) и температурите се повишават. От картата на абсолютната топография на височина 850 hPa (фиг. 4в) се вижда, че по-голямата част от Балканите попада в топлия сектор на циклонален вихър с център на Унгарската низина. На тази височина преобладаващите температури са между 7°C и 9°C. В приземния слой баричното поле също е циклонално. Центърът на циклона от Северна Италия се премества през Унгарската низина (фиг. 4г). От синоптичните карти на Балканския полуостров (фиг. 4д, е) се вижда значителният баричен градиент. В Източна България и в районите, разположени в близост до северните склонове на планините, се усилва вятърът от юг-югозапад, като на места се проявява и като фьон - силен и поривист, с понижение на относителната влажност на въздуха и повишение на приземните температури.





Фиг. 4. Карти на абсолютната топография за 21.12.2019 г. в 12 UTC на височина: а) 500 hPa, б) 700 hPa, в) 850 hPa, **г)** приземна синоптична карта на Европа от 21.12.2019 г. в 18 UTC и приземни синоптични карти на Балканския полуостров: д) 21.12.2019 г. в 18 UTC и е) 22.12.2019 г. в 00 UTC

Fig. 4. Maps of absolute topography on 21.12.2019 at 12UTC at altitude a)500hPa, b)700hPa, c)850hPa, d)MSLP map of Europe on the 21.12.2019 at 18UTC and MSLP map of the Balkan Peninsula , e)21.12.2019 at 18UTC and f)22.12.2019 at 00UTC

3.4 Оперативен продукт от числен модел ALADIN-BG SSI^*_a при фьон

От януари 2019 г. в оперативната работа на дежурните синоптици в НИМХ ежедневно автоматично се изчисляват и записват в табличен вид стойностите на SSI и SSI*. Те, както и температурите, отчетени в синоптичните станции в София и на Черни връх, относителната влажност на въздуха, посоката и скоростта

на вятъра, точката на оросяване и хоризонталната видимост в ЦМС в София, също се записват в таблица, показана на фигура 5, лява колона. Изчисляват се и прогностичните стойности на двата индекса на устойчивост от оперативния числен модел ALADIN-BG: (SSI_a и SSI^*_a) от 06 UTC. Прогностичните стойности на SSI_a и SSI^*_a, както и прогнозата за посока и скорост на вятъра в София, температура в София и на ниво 2000 m, относителна влажност на въздуха в София от числения модел ALADIN-BG автоматично се записват в разработената оперативна таблица (фигура 5, дясна част), до която всеки синоптик има достъп по време на дежурство. Направено е и автоматично оцветяване на стойностите на индекса SSI* и SSI^*_a за фьон, при изпълнени количествените критерии, показани на фиг. 1. През изминалия сезон ноември 2019 - април 2020 г. оперативният продукт се използва експериментално и за прогноза на фьон в София.

Наблюдения

N	DATE	Time(UTC)	T614	T613	SSI	SSI*	RH	w_s	w_dir	vis	td
1	20191221	18	13.6	-2.8	0.19	0.51	55	6	140	18000	4.6
2	20191221	15	12.1	-1.0	0.48	0.64	59	2	70	18000	4.2
3	20191221	12	9.2	-0.6	0.65	0.75	78	1	340	18000	5.6
4	20191221	9	7.4	-0.6	0.73	0.80	85	0	0	18000	5.0
5	20191221	6	5.0	-0.9	0.81	0.86	91	0	0	15000	3.6
6	20191221	3	4.5	-1.0	0.82	0.87	91	1	70	20000	3.1
7	20191221	0	4.1	-1.0	0.84	0.88	86	0	0	20000	1.9

ALADIN

DATE	Time(UTC)	T614	T800	SSI	SSI*	RH	w_s	w_dir
20191221	18	12.6	6.1	0.72	0.80	59.1	2.3	152
20191221	15	13.6	6.8	0.71	0.79	52.5	4.1	123
20191221	12	15.0	5.9	0.59	0.71	54.6	3.1	67
20191221	9	7.0	6.4	0.97	0.97	78.0	4.0	47

Фиг. 5. Схематично представяне на оперативен продукт за SSI и SSI* - лява част, от синоптични наблюдения; SSI_a и SSI^*_a - дясна част, от числен модел ALADIN-BG, 06 UTC
Fig. 5. Graphical representation of operational product for SSI and SSI* from synoptic observations on the left; SSI_a и SSI*- output from numerical model ALADIN-BG, 06UTC on the right.

4. ДИСКУСИЯ

Комплексният анализ на атмосферните процеси включва анализ на основните барични образувания при Земята и във височина. С предложената автоматизация на този анализ, чрез определяне на типове време с потенциално опасен фьонов вятър, се подпомага количествената оценка на тази опасност. В допълнение, дългогодишният синоптичен опит показва че наблюденията в София и Черни връх са важен фактор за прогнозата на опасните метеорологични явления. С предложеният от Стойчева и Евтимов (2015) индекс се прави за първи път количествена оценка на тази връзка за обстановки с мъгла. Логично продължение е, този индекс да се приложи и за други опасни явления. Тъй като индексът има за цел количествено да "оцени" степента на устойчивост на частиците във

въздушната маса (изведен е въз основа на честотата на Брент-Вайсала), логично е, да се направи предположението, че би могъл да се използва в диаметрално противоположни обстановки на мъглата по отношение на устойчивостта (мъгла се реализира при едни от най-устойчивите състояния на въздушната маса - инверсиите), такива, при която се проявява фьон, с много динамика и на практика при неустойчиви състояния на атмосферата. Във връзка с това беше направено и предположението за очаквани ниски стойности на SSI при фьон, обратното на тези, при които се реализира мъгла (високи стойности на SSI). Всичко това мотивира разработването на индекс за фьон. Този индекс (SSI*) е получен чрез анализ на фьонови обстановки за 22 годишен период (1993-2014). От януари 2019 г. в оперативната работа на дежурните синоптици в НИМХ ежедневно, тестово се пресмят и визуализират SSI* и SSI^*_a. В настоящата работа е описано предложение за подобрение на оперативна процедура по оценката на фьонови обстановки със следните елементи:

1) поява на вятър в София от южната четвърт и усилване на скоростта му с поне 5 m/s;

2) прогностични стойности на SSI^*_a по-ниски или равни на средната стойност (0.52) на индекса на устойчивост за фьон (тази стойност е получена от статистическите усреднявания, направени върху фьоновите синоптични обстановки в периода 1993-2014);

3) относителна влажност на въздуха в София по-ниска или равна на 50%;

4) посока на вятъра на Черни връх постоянна и между 202° и 225°;

5) автоматично определяне на типа атмосферна циркулация, използвайки оперативният числен модел за прогноза на времето, обхващащ Централно Средиземноморие и Балканския полуостров.

За обогатяване на изследването се подготвя пресмятане на индекса SSI^*_a в различни точки от Софийското поле. Оперативната практика показва, че проявите на фьон имат различен характер в различни части от полето. В част от обстановките, фьон може да бъде регистриран в кварталите, разположени в по-голяма близост до Витоша, докато в ЦМС София поривите на вятъра да остават под 14 m/s. Използването на информацията от числения модел за пресмятането на индекса във всички налични точки на мрежата на модела би подобрило и конкретизирало прогнозата за фьон в различни части на Софийското поле.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използвайки количествен критерии за класифицирането на вятъра като фьон за периода ноември 2019 - януари 2020 г. бяха установени три синоптични обстановки в района на ЦМС в София. Направено е сравнение между субективната типизация (BFT) и две обективни типизации на атмосферната циркулация (GWT и JCT). За обективното класифициране на синоптичните обстановки е характерно,

че над северозападните райони от Балканския полуостров на височина 850 hPa баричното поле е циклонално, което съответства и на субективната класификация, при която над Унгарската низина е разположен циклонален вихър. Индексът на устойчивост Черни връх - София (SSI*), пресметнат от данните от наблюденията има ниски стойности, а при една обстановка се понижава и под средната прагова стойност за реализиране на фьон в София (0.52). Тази синоптична обстановка съответства на оранжев код, според Европейската система METEOALARM, с регистрирани пулсации на вятъра от 23 m/s. Посоката на вятъра на Черни връх се запазва постоянна (202°) и е в съгласие с климатологията на вятъра на Черни връх при фьонови синоптични обстановки за периода 1993-2014 г., която показва, че в 80 % от обстановките с код оранжев, посоката на вятъра е между 202°-225° (юг-югозапад). За трите фьонови обстановки индексът на устойчивост от числения модел ALADIN-BG (SSI^*_a) е със завишени стойности спрямо този, пресметнат от измерванията, но е по-нисък от този, пресметнат в сроковете без фьон.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарности за финансовата подкрепа на Национална програма "Млади учени и постдокторанти" към Министерство на образованието и науката (МОН) по Решение на МС № 577/17.08.2018 г.

Благодарности и на г-жа Пииа Пост от Института по Физика към университета в град Тарту, Естония за предоставената автоматична класификация на разгледаните в тази статия синоптичните обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

Попова, М., Стойчева, А., Стоев, К., Христов, Х., Кирилова, А., Дякова, А., Етрополска, И. METEOALARM – система за предупреждения за очаквани опасни метеорологични явления в България, Сборник доклади от II-ри национален конгрес по физически науки, 25-29.09.2013 г., София. Секция: Физика на Земята, атмосферата и Космоса, Heron Press Ltd., ISBN 978-954-580-333-8.

Стоев К., Г. Герова, И. Господинов, (2019), Средиземноморски циклони и фьонови синоптични обстановки в София за периода 1975-2001, Bul. J. Meteo & Hydro, 23/1, 2-16.

Стойчева, А., Попова, М., Кирилова, А., Стоев, К., Етрополска, И., Георгиев, Х. Прогноза на опасни метеорологични явления в НИМХ-БАН, Сборник доклади от II-ри национален конгрес по физически науки, 25-29.09.2013 г., София. Секция: Физика на Земята, атмосферата и Космоса, Heron Press Ltd., ISBN 978-954-580-333- 8.

Христов, П., Ат. Танев, (1970), Климатът на София, Наука и изкуство, София .

Elvidge, A. D., and I. A. Renfrew, (2016) The Causes of Foehn Warming in the Lee of Mountains. Bull. Amer. Meteor. Soc., 97, 455–466, ttps://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00194.1.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. N., (2020), The ERA5 global reanalysis, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146(730), 1999-2049.

James PM., (2007), An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. Theoretical and Applied Climatology. 1;88(1-2):17-42.

Jones PD, Hulme M, Briffa KR, (1993), A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme, International Journal of Climatology, 13(6):655-63.

Lalaurette, F., (2002), Early detection of abnormal weather conditions using a probabilistic extreme forecast index. Q. J. R. Meteorol. Soc., 29, 3037-3057.

Stoev, K., and G. Guerova, (2020), Foehn classification and climatology in Sofia for 1975-2014, Idojarash, Vol. 124, No. 4, October – December, 2020, 124/4, 483-497.

Stoycheva, A., Evtimov, S., (2014), Studying the fogs in Sofia with Cherni-vrah - Sofia Stability Index (CSSI), Bulgarian Geophysical Journal, vol. 40, 23-32.