

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ФИЗИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ

Том 108

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”
FACULTY OF PHYSICS

Volume 108

ИМА ЛИ РАЗЛИКА В ТЕРМОДИНАМИЧНИТЕ УСЛОВИЯ ПРИ РАЗВИТИЕ НА КОНВЕКТИВНИ ОБЛАЦИ НАД СЕВЕРОИЗТОЧНА И ЮГОИЗТОЧНА БЪЛГАРИЯ?

БОРЯНА МАРКОВА¹, РУМЯНА МИЦЕВА², ТЕОДОРА ТОДОРОВА³

¹Национален институт по метеорология и хидрология, БАН

²Катедра „Метеорология и геофизика”

³Национален институт по метеорология и хидрология – филиал Плевен

Боряна Маркова, Румяна Мицева, Теодора Тодорова. ИМА ЛИ РАЗЛИКА В ТЕРМОДИНАМИЧНИТЕ УСЛОВИЯ ПРИ РАЗВИТИЕ НА КОНВЕКТИВНИ ОБЛАЦИ НАД СЕВЕРОИЗТОЧНА И ЮГОИЗТОЧНА БЪЛГАРИЯ?

Анализирани са статистическите параметри на разпределението на два метеоелемента при земята (максимална температура T_{\max} и относителна влажност RH) и на два индекса на неустойчивост ($CAPE$ и Li) поотделно при развитие на гръмотевични и негръмотевични валежни облаци над Североизточна и Югоизточна България. С помощта на дискриминантен анализ са определени прагови стойности на T_{\max} , RH , $CAPE$ и Li за разграничаване на гръмотевични от негръмотевични облаци над двата района. Анализът на получените резултати показва, че няма статистически значима разлика между анализираните термодинамични характеристики на атмосферата при развитието на съответния тип (гръмотевични или без мълнии) валежни облаци над Североизточна България спрямо тези над Югоизточна България.

За контакти: Боряна Маркова, НИМХ, Цариградско шосе 66, София 1784, GSM: 0889517681, b_markova@abv.bg

Boryana Markova, Rumjana Mitzeva, Teodora Todorova. IS THERE A DIFFERENCE IN THERMODYNAMIC CONDITIONS AT THE DEVELOPMENT OF CONVECTIVE STORMS OVER NORTHEASTERN AND SOUTHEASTERN BULGARIA?

The statistical parameters of the distribution of two surface meteorological elements (maximum temperature, T_{\max} and relative humidity, RH), and two instability indexes (CAPE and Li) are analyzed separately for precipitating ordinary (without lightning) and thunderstorms clouds developed over the northeast and southeast Bulgaria. Using general discriminant analyses the threshold values of T_{\max} , RH, CAPE and Li, which are able to discriminate between thunderstorms and ordinary precipitating clouds are determined over the two regions. The results indicate that there is no statistically significant difference between the analyzed thermodynamic parameters of environmental condition at the development of the both types (ordinary and thunderstorms) precipitating clouds over northeastern Bulgaria in comparison with those developed over Southeastern Bulgaria.

Key words: instability indices, thunderstorms, discriminant analyses

PACS numbers: 92.60.Pw – Atmospheric electricity, lightning, 92.60.Qx – Storms

1. ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години се забелязва увеличаване броя на развитието на мощни конвективни облаци, придружени от интензивна гръмотевична дейност над Източна България. Особен пример е изминалата 2014 г., когато поради разразилите се бури в Източна България има човешки жертви. Гръмотевичните облаци спадат към опасните явления в атмосферата заедно с проливните дъждове, градушките, разрушителните ветрове и др. Известно е, че тяхното формиране и по-нататъшно развитие съществено зависят от условията в околната среда. При установяване на подходящи предиктори за образуването на гръмотевични облаци може да се подобри както прогнозата им, така и предупрежденията за опасни и особено опасни явления, свързани с тях.

През 50-те години на миналия век Станева [1] изследва териториалното разпределение на гръмотевичната дейност в България и установява, че Североизточна и Югоизточна България попадат към районите с най-малка гръмотевична активност. В изследване за периода 1961–2010 г. Бочева [2] установява, че през топлото полугодие над Североизточна България се наблюдава статистически значима положителна тенденция на увеличаване на броя дни с гръмотевичната дейност, а в Югоизточна България се увеличават случаите на потенциално опасни валежи, които често са придружени от гръмотевици. Анализът на Gospodinov et al. [3] и Gospodinov et al. [4] показва също, че случаите с локални летни интензивни валежи над цялата страна, и в частност над Източна България и крайбрежието, се увеличават.

Това е основателна причина да бъдат изследвани условията в околната среда при развитието на конвективни облаци. В литературата много автори

(например Haklander and Van Delden [5], Huntrieser et al. [6], Jacovides and Yonetani [7], Bunkers et al. [8], Savvidou et al. [9], Tsenova and Bogatchev [10] и др.) пресмятат и разглеждат различни индекси на неустойчивост като основни характеристики на термодинамичните условия в околната среда. Обикновено се определят прагови стойности на анализирани характеристики (индекси на неустойчивост, метеоеlementи), които разграничават условията за образуване на гръмотевичните от негръмотевичните облаци за даден район, като е установено, че намерените прагове са валидни за определен сезон и район.

Североизточна България в по-голямата си част е с равнинно-хълмист релеф. Територията обхваща източните части от Дунавската хълмиста равнина и Предбалкана. За разлика от Североизточна България, Югоизточна България се характеризира с доста разнообразен релеф. От север на юг се редуват Стара планина, равнинна част и хълмовете на Странджа-Сакар. Общото между двете области е влиянието на Черно море.

За да се оцени доколко извадката от термодинамични характеристики по време на развитие на валежни облаци във вътрешността на Източна България и по крайбрежието е еднородна, в Markova and Mitzeva [11] са разгледани два индекса на неустойчивост (*CAPE* и *Li*). В работата е установено, че средните стойности на *CAPE* и *Li* при гръмотевични облаци са значително по-високи и по-ниски, съответно, спрямо тези за негръмотевични облаци и че разликата между разпределенията и съответните средни стойности на двата индекса за вътрешността и по крайбрежието са незначителни. Въз основа на тези резултати, както и поради близките стойности на определените за вътрешността и крайбрежието прагове за *CAPE* и *Li*, които разделят гръмотевичните облаци от негръмотевичните дъждовни облаци, е направен извод, че разделянето на двата типа облаци, развили се във вътрешността на района и по крайбрежието, не е оправдано.

Целта на настоящата работа е да се потърси отговор на въпроса: има ли значима разлика в термодинамичните характеристики на околната среда за Североизточна и Югоизточна България при развитие на конвективни валежни облаци през топлото полугодие. Представените резултати са обобщение на анализа, проведен от Тодорова [12].

2. ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДОЛОГИЯ

Използвани са данни при земята (температура и максимална температура на въздуха, относителна влажност, атмосферно налягане и др.) през топлото полугодие (месеците април-септември) за периода 2006–2009 година, през които са се развили конвективни валежни облаци след 12 00 UTC над Източна България. Всички случаи с валежни облаци (1326) са разделени на две групи – негръмотевични (без мълнии, означени с *or*) облаци и гръмотевични (означени с *th*) облаци. Анализът е направен поотделно за извадката от случаи за

Североизточна България, която е означена с NE и за извадката от случаи за Югоизточна България, която е означена съответно с SE. Броят на случаите с гръмотевични *th* и негръмотевични *or* облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България, са показани в табл. 1.

За анализ на условията, при които се развиват негръмотевични и гръмотевичните облаци, е необходима информация за състоянието на атмосферата. От апроксимираните сондажи, получени от числен модел GFS [13], се получават данни за температурата и влажността на въздуха, посоката и скоростта на вятъра и други характеристики на различните нива в атмосферата.

Таблица 1. Брой случаи на гръмотевични *th* и негръмотевични *or* облаци, развили се над Североизточна (NE) и Югоизточна (SE) България

Район	Конвективни дъждовни облаци (брой)	
	Гръмотевични, <i>th</i>	Негръмотевични, <i>or</i>
Североизточна България (NE)	431	529
Югоизточна България (SE)	150	216

Апроксимираните сондажи от 12 00 UTC са взети в точки, най-близо до мястото, където е регистриран валежът. Приземните метеорологични данни (налягане, относителна влажност на въздуха, температура и максимална температура на въздуха), необходими за пресмятането на индексите на неустойчивост, са от синоптичните телеграми за съответните станции [14]. Данните са от 11 синоптични станции към Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) на територията на Източна България. Седем от станциите са разположени в Североизточна България, NE (Русе, Силистра, Разград, Добрич, Шабла, Калиакра и Варна), а четири в Югоизточна България, SE (Емине, Бургас, Карнобат и Ахтопол).

За да се установи дали има значими разлики в термодинамичните условия при развитие на мощни конвективни облаци над Североизточна и Югоизточна България, са изследвани различни статистически параметри на разпределението (средна стойност, медиана, квантили) на максималната температура T_{\max} и относителната влажност RH при земята и на два от най-известните от литературата индекси на неустойчивост ($CAPE$, Moncrieff and Miller [15] и $Lifted\ Index$, Galway [16], вж. табл. 2). В таблицата T_{\max} е максималната температура при земята [°C], RH – относителната влажност на въздуха при земята [%]; θ – потенциалната температура [K]; θ_e – екипотенциалната температура [K]; g – земното ускорение [$m\ s^{-2}$]; z – височина [m]; LFC – ниво на свободна конвекция; EL – ниво на равновесие на индивидуална въздушна частичка (ИВЧ); T_{500} е температура [°C] на 500 hPa; TP_{500} – температурата, която ИВЧ ще достигне при издигането си по сухата адиабата от земната повърхност до нивото на кондензация и след това ще продължи да се издига по влажната

адиабата до 500 hPa; x – брой на коректно класифицираните гръмотевични случаи; y – брой на некоректно класифицираните гръмотевични случаи; w – брой на некоректно класифицираните негръмотевични случаи. Долните индекси показват основните нива.

Таблица 2. Списък на използваните метеоеlementи при земята, формули за пресмятане на $CAPE$ и Li , формули за пресмятане на POD и FAR

Параметър	Знак и мерна единица	Уравнение
Максимална температура	T_{\max} , °C	–
Относителна влажност	RH , %	–
Convective Available Potential Energy	$CAPE$, J kg ⁻¹	$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{\theta - \theta_e}{\theta_e} dz$
Lifted Index	Li , deg	$Li = T_{500} - TP_{500}$
Probability of Detection	POD	$POD = \frac{x}{x + y}$
False Alarm Ratio	FAR	$FAR = \frac{w}{x + w}$

Различните статистически параметри на разпределението са анализирани поотделно при развитието на гръмотевичните и негръмотевичните облаци за Североизточна България и са сравнени с тези за Югоизточна България. С помощта на обикновен дискриминантен анализ [17] са определени прагови стойности на изследваните параметри, над/под които има голяма вероятност за развитие на гръмотевични облаци, поотделно за NE и SE. Направена е и оценка на способността на всеки един от получените прагове на изследваните параметри да разграничи гръмотевичните от негръмотевичните облаци поотделно за NE и SE, като са пресметнати POD и FAR , Donaldson et al. [18]. Смисълът на POD и FAR , както и начинът на пресмятането им, са показани в табл. 2.

3. РЕЗУЛТАТИ

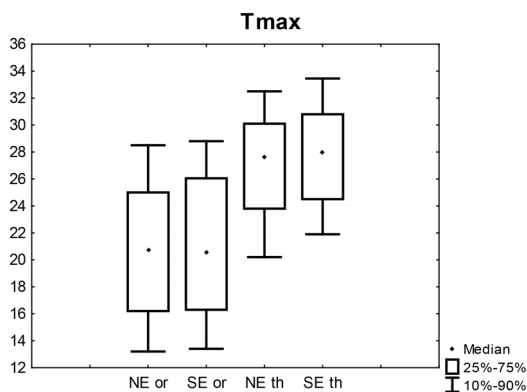
От информацията, представена в табл. 3, се вижда, че разликата между статистическите параметри на разпределение (средна стойност, медиана, долен и горен квантил) на T_{\max} за случаите при развитие както на гръмотевични облаци, така и на негръмотевични, над Североизточна и Югоизточна България е незначителна (~ 1 °C). Съществена е разликата между параметрите на разпределението на T_{\max} (между 3,6 °C и 8,3 °C) при развитие на гръмоте-

вични и негръмотевични облаци поотделно над NE и SE. Стойностите на параметрите на разпределението на T_{\max} (табл. 3) показват, че гръмотевичните облаци се развиват при по-високи максимални температури (в по-топли дни) в сравнение с негръмотевичните облаци.

Таблица 3. Параметри на разпределение на T_{\max} при развитие на негръмотевични облаци, *or*, и гръмотевични облаци, *th*, над Североизточна България, NE, и над Югоизточна България, SE

Параметри	T_{\max} NE	T_{\max} SE	T_{\max} NE	T_{\max} SE
	<i>or</i>	<i>or</i>	<i>th</i>	<i>th</i>
Средна стойност	20,6	21,4	27,3	26,6
Медиана	20,6	21,1	28	27
Долен квартил, 25 %	16	17,2	24,3	23,6
Горен квартил, 75%	25,2	26	30,5	29,6

Този резултат е валиден както за района на NE, така и за района на SE. Медианата (табл. 3) показва, че 50 % от случаите на негръмотевични облаци се развиват както над Североизточна, така и над Югоизточна България при T_{\max} под 21 °C, докато 50% от *th* се развиват при T_{\max} над 27–28 °C. Само около 25 % от *th* и над двата разглеждани района се развиват при T_{\max} под 24 °C, а негръмотевичните – при T_{\max} под 16–17 °C. От диаграмата „кутийка с мустачки“ (фиг. 1) се вижда също ясно, че гръмотевичните облаци се развиват при по-високи стойности на максималната температура спрямо тези при развитие на негръмотевични както в Североизточна България, така и в Югоизточна България, и че няма съществена разлика в стойностите на максималната температура при земята T_{\max} при развитие на съответния тип облак над NE и SE.

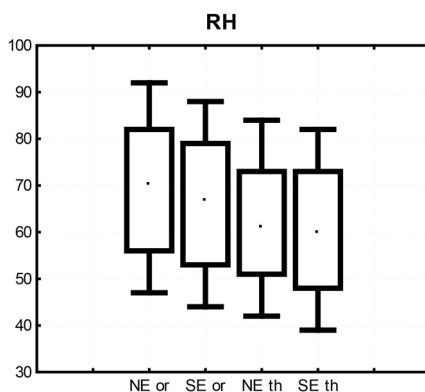


Фиг. 1. Диаграма „кутийки с мустачки“ за медианата (точката) и долен и горен квартил (25 % и 75 %) на T_{\max} за негръмотевични облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България (NE *or* и SE *or*) и гръмотевични облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България (NE *th* и SE *th*)

В табл. 4 е дадена информация за средната стойност, медианата, долен и горен квантил на относителната влажност на въздуха RH при земята в 12 00 UTC. Резултатите показват, че са близки както средните стойности, така и стойностите на съответните квантили (медиана, долен и горен квантил) при развитие на гръмотевични облаци th , развили се над Североизточна и Югоизточна България. Този резултат е валиден и за развитието на негръмотевичните облаци or над двете територии (NE и SE). От табл. 4 също така се вижда, че гръмотевичните облаци и над двата разглеждани района се развиват при чувствително (около 10 %) по-ниска относителна влажност в сравнение с относителната влажност на развитие на негръмотевичните облаци.

Таблица 4. Параметри на разпределение на RH при развитие на негръмотевични облаци, or , и гръмотевични облаци, th , над Североизточна България, NE, и над Югоизточна България, SE

Параметри	RH NE or	RH SE or	RH NE th	RH SE th
Средна стойност	69	66	62	60
Медиана	70	74	61	60
Долен квантил, 25 %	56	53	51	48
Горен квантил, 75%	82	79	73	73



Фиг. 2. Диаграма „кутийки с мустачки“ за медианата (точката) и долен и горен квантил (25 % и 75 %) на RH за негръмотевични облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България (NE or и SE or), и гръмотевични облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България (NE th и SE th)

Диаграмата „кутийки с мустачки“, представена на фиг. 2, илюстрира незначителните разлики в медианата, долен (10% и 25%) и горен (75% и 90%) квантил за RH при сравняване на извадките NE or с SE or , както и на NE th с SE th .

Освен това се вижда, че има значително препокриване на данните за относителната влажност RH при развитие на двата вида облаци (or и th) както над Североизточна (NE), така и над Югоизточна (SE) България.

При развитие на гръмотевични и негръмотевични валежни облаци над Североизточна и Югоизточна България са анализирани също Convective Available Potential Energy ($CAPE$) и Lifted Index (Li), чиито дефиниции и начин на пресмятане са дадени в табл. 2.

Информация за средната стойност, медианата, долен и горен квартил за $CAPE$ при развитието на гръмотевични и негръмотевични облаци над Североизточна България (NE th и NE or) и над Югоизточна България (SE th и SE or) е представена в табл. 5. В табл. 6 е представена съответната информация за Li .

Таблица 5. Параметри на разпределение на $CAPE$ при развитие на негръмотевични облаци, or , и гръмотевични облаци, th , над Североизточна България, NE, и над Югоизточна България, SE

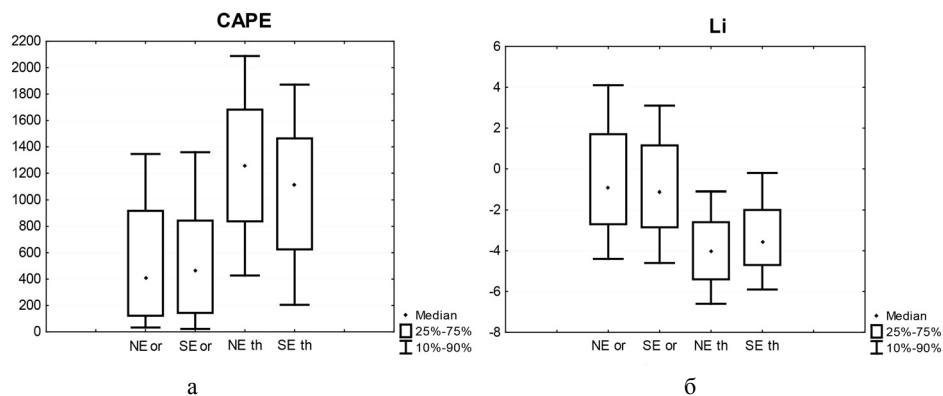
Параметри	$CAPE$ NE or	$CAPE$ SE or	$CAPE$ NE th	$CAPE$ SE th
Средна стойност	574	593	1298	1126
Медиана	407	464	1259	1114
Долен квартил, 25 %	122	143	835	683
Горен квартил, 75%	917	843	1683	1463

Таблица 6. Параметри на разпределение на Li при развитие на негръмотевични облаци, or , и гръмотевични облаци, th , над Североизточна България, NE, и над Югоизточна България, SE

Параметри	Li NE or	Li SE or	Li NE th	Li SE th
Средна стойност	-0,5	-0,8	-4	-3,5
Медиана	-0,9	-1,1	-4	-3,6
Долен квартил, 25 %	-2,7	-2,9	-5,4	-4,7
Горен квартил, 75%	1,7	1,2	-2,6	-2,2

Данните от табл. 5 и 6 показват, че има само незначителна разлика в статистическите параметри на разпределение на $CAPE/Li$, получени съответно за Североизточна и Югоизточна България, при развитието както на гръмотевични, така и на негръмотевични облаци. При сравняване на стойностите между двата типа облаци (с мълнии th и без мълнии or) се вижда, че значително по-високи/по-ниски са стойностите на съответните параметри на разпределение на $CAPE/Li$ за th в сравнение със съответните стойности на параметрите $CAPE/Li$ при развитие на негръмотевични облаци (or) и за двата района (NE и SE). Диаграмата „кутийки с мустачки“ илюстрира незначителната разликата в стойностите на медианата, горен и долен квартил на $CAPE$ (фиг. 3а) и Li (фиг. 3б) при развитие на конвективни облаци над

NE и SE. Особено добре личи почти пълното препокриване на стойностите за *CAPE/Li* при развитие на негръмотевични (*or*) облаци над двата района. Незначителна е и разликата в стойностите на *CAPE/Li* при сравняване на *NE th* с *SE th*.



Фиг. 3. Диаграма „кутийки с мустачки“ за медианата (точката) и долен и горен кватил (25 % и 75 %) за *CAPE* (а) и *Li* (б) за негръмотевични облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България (*NE or* и *SE or*), и гръмотевични облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България (*NE th* и *SE th*)

При по-детайлен анализ на данните се установи, че голяма част (над 67 % от случаите за *CAPE* и над 58 % от случаите за *Li*) от валежните конвективни облаци и в Североизточна, и в Югоизточна България в следобедните часове се развиват при умерена неустойчивост на атмосферата спрямо праговете, приети за САЩ, критерии [19] (за *CAPE* между 1000 и 3000 J/kg и за *Li* от -6 до -3 °C). Заслужава да се отбележи, че в други райони на Европа според Kaltenbock et al. [20] и Romero et al. [21] повече от половината случаи на гръмотевични облаци са се развивали при доста по-ниски стойности за *CAPE* ($CAPE \leq 500$ J/kg).

С помощта на обикновен дискриминантен анализ [17] са определени прагови стойности за T_{max} , *RH*, *CAPE* и *Li*, които да разделят гръмотевичните от негръмотевичните облаци, развили се над Североизточна и Югоизточна България. Получените прагове и оценката на тяхната успеваемост *POD* и *FAR* са представени в табл. 7.

Таблица 7. Прагове на метеоелементите при земята T_{\max} и RH и на индекси на неустойчивост $CAPE$ и Li за вида на облаци – гръмотевични, th , или негръмотевични облаци, or , и успеваемостта (POD и FAR) на прага за Североизточна България, NE и за Югоизточна България, SE

Параметър	Праг	NE		SE		
		POD	FAR	Праг	POD	FAR
T_{\max}	> 24	0,77	0,33	> 24	0,73	0,39
RH	> 66	0,60	0,46	> 65	0,63	0,44
$CAPE$	> 936	0,69	0,29	> 860	0,66	0,35
Li	< -2,2	0,82	0,33	< -2,1	0,75	0,37

Резултатите показват, че получените прагове за T_{\max} , RH и Li за разграничаване на гръмотевичните от негръмотевичните облаци са практически еднакви при развитие на облаци над NE и SE. Разликата в установения праг за $CAPE$ е незначителна. Интерес представлява фактът, че получените прагови стойности за развитие на гръмотевични облаци в Европа за Li са значително по-високи в сравнение с получените за двата района на Източна България ($Li \approx -2,2$ °C). Така например, за разделяне на гръмотевични от негръмотевични облаци в Холандия Haklander and Van Deden [5] получават праг за $Li = 1,6$ °C, а за района на Швейцария Huntrieser et al. [6] намират, че съответният праг за $Li = 0,7$ °C.

От получените оценки (POD и FAR), представени в табл. 7, се вижда, че най-добра успеваемост за разграничаване на гръмотевичните от негръмотевичните облаци и над двата района има определения праг на Li ($Li < -2,2$). С негова помощ 82 % от гръмотевичните облаци, развили се над Североизточна България, и 75 % от гръмотевичните облаци, развили се над Югоизточна България, са класифицирани коректно като гръмотевични. При използване на този праг на Li фалшивата тревога FAR (т.е. негръмотевични класифицирани като гръмотевични) е 0,33 и 0,37 при развитие на негръмотевични облаци над NE и SE съответно.

Определеният праг за T_{\max} е в състояние също сравнително добре да раздели условията за развитие на гръмотевичните от негръмотевичните облаци и над двата района. Получените резултати за POD показват, че ако се използва прагът на T_{\max} ($T_{\max} = 24$), 77 % от гръмотевичните облаци, развили се над Североизточна България, и 73 % от гръмотевичните облаци над Югоизточна България ще бъдат коректно „прогнозирани“ като гръмотевични. При използване на този праг на T_{\max} фалшивата тревога FAR (т.е. негръмотевични, класифицирани като гръмотевични) е 0,33 и 0,39 при развитие на негръмотевични облаци над NE и SE съответно. Високите стойности на FAR за RH показват, че и в двата разглеждани района използването на определения праг за относителната влажност би довел до класифициране на много голям процент (44%–46%) негръмотевични облаци като гръмотевични.

По-добрата успеваемост на използването на определените прагове за някои индекси на неустойчивост като индикатори на гръмотевични облаци, развили се над NE, спрямо съответната успеваемост над SE може да се обясни с по-големия брой случаи на конвективни облаци, развили се над NE (NE *or* са 529, NE *th* са 431) спрямо развилите се над SE (SE *or* са 216, SE *th* са 150).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изследване влиянието на условията на околната среда върху развитието на гръмотевичните облаци над Североизточна и Югоизточна България е потърсен отговор на въпроса има ли значима разлика в условията при развитие на гръмотевични и негръмотевични валежни облаци, развили се през топлото полугодие, над Североизточна спрямо Югоизточна България?

За целта са сравнени различни статистически параметри (средна стойност, медиана, долен и горен квартил) на максималната температура T_{\max} и относителната влажност RH при земята и на два от известните в литературата индекси на неустойчивост $CAPE$ и Li при развитие на валежни конвективни облаци над Североизточна и Югоизточна България. С помощта на обикновен дискриминантен анализ са определени критичните (прагови) стойности на T_{\max} , RH , $CAPE$ и Li , които могат да служат за разграничаване на гръмотевичните от негръмотевичните облаци, развили се над двата района на България.

Резултатите показват, че разликите в статистическите параметри на разпределение на максималната температура при земята T_{\max} , както и на относителната влажност RH , при развитие и на гръмотевични, *th*, и на негръмотевични, *or*, облаци над Североизточна, NE, и над Югоизточна, SE, България са незначими. Този резултат е валиден и за параметрите на разпределение на двата индекса на неустойчивост $CAPE$ и Li . Праговите стойности на четирите анализирани параметъра за разграничаване на гръмотевични от негръмотевични облаци за Североизточна България са много близки по стойност до съответните прагови стойности, получени за Югоизточна България. От така получените резултати следва, че въпреки разликата в релефа на Североизточна и Югоизточна България изследваните термодинамични параметри, характеризиращи условията в околната среда, при които се развиват мощни конвективни валежни облаци над двата района, са много близки. Въз основа на този резултат североизточните и югоизточните райони могат да се разглеждат общо в един район – Източна България. По този начин извадката ще е с по-голям обем и се очаква получените прагове и класификационни функции да имат по-добра успеваемост при разграничаване на гръмотевични от негръмотевични облаци.

Благодарности. Тази работа бе подкрепена с финансиране от EU Operational Program Human Resources Development Project No BG051PO001-3.3.06-0063 (Beneficiary NIMH – BAS).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Станева, Б. В: *Трудове на хидрометеорологичната служба*, 1955, **IV**, 471.
- [2] Бочева, Л. *Дисертация*, 2014.
- [3] Gospodinov, I., P. Dimitrova, S. Stoyanova. In: *BALWOIS*, 2006, (CD version).
- [4] Gospodinov, I., G. Kozinarova, A. Stoicheva. In: *BALWOIS*, 2010, (CD version).
- [5] Haklander, A.J., A. Van Delden. *Atmospheric Research*, 2003, **67–68**, 273.
- [6] Huntrieser, H., H. Schiesser, W. Schmid, A. Waldvogel. *Weath. and Forecas.*, 1997, **12**, 108.
- [7] Jacovides, C.P., T. Yonetani. *Weath. and Forecas.*, 1990, **5**, 559.
- [8] Bunkers, M.J., J.R. Wetenkamp Jr., J.J.Schild. *Weath. and Forecas.*, 2010, **25**, 799.
- [9] Savvidou, K., A. Orphanou, D. Charalambous, P. Lingis, and S. Michaelides. *Adv. Geosci.*, 2010, **23**, 79.
- [10] Tsenova, B., A. Bogatchev. Preprints: 16th Inter. Conf. on Clouds and Precipitation, July 30 – August 03, 2012, Leipzig, Germany.
- [11] Markova, B., R.Mitzeva. *Bulgarian Geophysical Journal*, 2013, **38** (accepted for publication).
- [12] Тодорова, Т., Дипломна работа. 2013.
- [13] <http://ready.arl.noaa.gov/> NOAA Air Resources Laboratory.
- [14] <http://www.ogimet.com/synops.phtml.en> Profess. Inform. about meteor. conditions in the world.
- [15] Moncrieff, M., Miller, M. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1976, **102**, 37.
- [16] Galway, J.G. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1956, **37**, 528.
- [17] StatSoft, Inc., 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 6.1, www.statsoft.com
- [18] Donaldson, R., R. Dyer, M. Krauss. Preprints: 9th Conf. Severe Local Storms, Norman, Oklahoma. Amer. Meteor. Soc., 1975, 321.
- [19] <http://www.crh.noaa.gov/lmk/soo/docu/indices.php> NOAA's National Weather Service Weather Forecast Office, Science and Technology, NWS Louisville. KY Convective Season Environmental Parameters and Indices.
- [20] Kaltenbock, R., G. Diendorfer, N. Dotzek. *Atmos. Res.*, 2009, **93**, 381.
- [21] Romero, R., M. Gaya, C.A. Doswell III. *Atmos. Res.*, 2007, **83**, 389.