

СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ДАННИ ОТ НАБЛЮДЕНИЯ И ЧИСЛЕН МОДЕЛ ЗА РАЙОНИТЕ НА БЪРДАРСКИ ГЕРАН И ГЕЛЕМЕНОВО

НАДЕЖДА КАДИЙСКА¹, ЦВЕТЕЛИНА ДИМИТРОВА², БОРЯНА МАРКОВА³,
РУМЯНА МИЦЕВА¹, НИКОЛАЙ РАЧЕВ¹

¹ Катедра „Метеорология и геофизика“

² Изпълнителна агенция „Борба с градушките“

³ Национален институт по метеорология и хидрология, БАН

Надежда Кадийска, Цветелина Димитрова, Боряна Маркова, Румяна Мицева, Николай Рачев. СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ ДАННИ ОТ НАБЛЮДЕНИЯ И ЧИСЛЕНИ МОДЕЛИ ЗА РАЙОНИТЕ НА БЪРДАРСКИ ГЕРАН И ГЕЛЕМЕНОВО

Направено е сравнение между метеорологични измервания от мрежите на Изпълнителната агенция „Борба с градушките“ и Националния институт по метеорология и хидрология за станциите Бърдарски геран–Кнежа и Гелеменово–Ивайло за периодите май–септември 2010–2014 г. Коефициентите на линейна корелация на Пийърсън между измерванията за двете мрежи са най-високи за температурата и най-ниски за относителната влажност. За Бърдарски геран и Гелеменово избрани характеристики са пресметнати със софтуер за обработка на аерологичен сондаж чрез използване на данни от метеорологични наблюдения и аерологичен сондаж, получен от числения модел GFS (Global Forecast System), или чрез използване само на сондаж от модела GFS. Най-високи са коефициентите на корелация за температурата, по-ниски – за относителната влажност, точката на оросяване и CAPE.

За контакт: Надежда Кадийска, Катедра „Метеорология и геофизика”, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски”, бул. Джеймс Баучър 5, 1164 София, тел.: +359 2 8161 629, E-mail: n.s.kadiyska@phys.uni-sofia.bg

Nadezhda Kadiyska, Tsvetelina Dimitrova, Boryana Markova, Rumjana Mitzeva, Nikolay Rachev. COMPARISON BETWEEN METEOROLOGICAL DATA OBTAINED BY OBSERVATIONS AND NUMERICAL MODELS FOR THE REGIONS BARDARSKI GERAN AND GELEMENOVNO

A comparison between meteorological observations from Hail suppression agency operational network and from National institute of meteorology and hydrology network for the stations Bardarski geran–Knezha and Gelemenovo–Ivailo for the period may–september, 2010–2014 is made. The Pearson correlation coefficients between the different networks are highest for the temperature and lowest for the relative humidity. For Bardarski geran and Gelemenovo selected characteristics are computed by sounding software by using meteorological data from observations and aerological sounding obtained by numerical model GFS (Global Forecast System) or by using the sounding obtained by GFS only. The correlation coefficients are highest for the temperature and lower for the relative humidity, dew point and CAPE.

Keywords: метеорологични наблюдения, модел
PACS numbers: 92.60.-e

1. УВОД

Точността на метеорологичните измервания и гъстотата на мрежата са от изключително значение за успешната прогноза на времето. В България има изградени няколко независими мрежи за набиране на метеорологична информация, в които начинът, точността и честотата на провежданите наблюдения са съобразени с конкретните цели, които трябва да изпълняват организациите собственици на метеорологичните мрежи. Естествено възниква въпросът дали е възможно и удачно комбинирането на метеорологични данни от една мрежа с такива от друга с цел получаването на по-пълна информация за процесите в атмосферата и евентуално попълване на липсващи или недостатъчни данни. От друга страна, за решаване на метеорологични задачи все по-често се използват и резултати от числени модели за прогноза на времето, които пресмятат множество метеорологични параметри.

В първата част на настоящото изследване са сравнени метеорологични данни от мрежата на Изпълнителната агенция „Борба с градушките“ (ИАБГ) и Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) за двойките станции Бърдарски геран–Кнежа (Северна България) и Гелеменово–Ивайло (Южна България). Една от целите е да се определи има ли съществена разлика между измерванията в две сравнително близки точки и до каква степен може данните да бъдат взаимнозаменяеми. Чрез използване на софтуер за обработка на аерологичен сондаж, разработен от Димитър Сираков [1] и доразвит от

Dimitrova et al. [2], са пресметнати избрани термодинамични индекси по два различни начина. Единият е чрез използване на приземни данни от мрежата на ИАБГ и получен от числения модел GFS [3] сондаж (вертикални профили на температурата и влажността), другият е чрез използване само на моделния сондаж. Целта е да се провери до каква степен получените крайни резултати се различават и дали винаги е необходимо да се използват и приземни данни от измервания. Използването на сондаж, получен от числен модел, се налага, тъй като аерологичен сондаж в България се прави само веднъж в денонощието и в една точка (12:00 UTC, София).

2. ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДОЛОГИЯ

Разстоянието между Бърдарски геран (с надморска височина 155 m) и Кнежа (116 m) е 12 km, а между Гелеменово (260 m) и Ивайло (222 m) е 6,8 km (фиг. 1). Независимо от близостта на двойките станции различната им надморска височина, локалните условия и др. водят до разлики в измерените метеорологични елементи. В настоящото изследване са сравнени приземните данни за температурата (T), налягането (P) и относителната влажност (RH). Разгледани са летните месеци май–септември за периода 2010–2014 г. Измерванията са направени в 12:00 UTC (15:00 ч. лятно местно време, EEST). Извадката за всяка двойка полигон–станция на НИМХ е разделена на три групи: всички дни (all), дни без валеж (clear), дни с валеж (rain), като класифицирането е направено на базата на регистрираните явления в мрежата на ИАБГ. Като „дни с валеж“ са означени тези, при които е валило поне в един от сроковете 12:00 UTC и 15:00 UTC и поне в една от ракетните площадки, като данните са за 3-часово количество валеж в изминал период. Използваните означения за всяка характеристика са, както следва: за Бърдарски геран (Bg), Кнежа (Kn), Гелеменово (Ge), Ивайло (Iv), числен модел (GFS) и за коя от трите групи (all, clear или rain).

Обемът на извадката е следният: за Бърдарски геран са разгледани общо 684 дни, от които 598 са без валеж и 86 с валеж; за Гелеменово – общо 694 дни, 474 без и 220 с валеж. В приложените таблици обемът на извадките е даден в ред с означение „N“.

Използвани са резултати от числения модел за прогноза на времето GFS, достъпни в базата данни на GDAS (Global Data Assimilation System) [3] с разделителна способност $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. В тази база данни се архивират анализирания полета на метеоелементите в основните синоптични срокове и 3-часовите прогнози. За допълване на информацията с полета, които не се анализират при инициализацията на модела в основните



Фиг. 1. Карта, показваща разположението на Бърдарски геран, Кнежа, Гелеменово и Ивайло

синоптични срокове, се използват 6-часовите прогнози на модела. В настоящото изследване са използвани данни от GDAS – вертикални профили на температурата и влажността на атмосферата (наричани по-долу моделен сондаж) за 12:00 UTC над двата полигона на ИАБГ. Съществуват значителни разлики (около 170 m за Bg и около 580 m за Ge) между най-ниското моделно ниво и реалната надморска височина на полигоните. Поради тази причина са сравнени приземните стойности на измерените метеорологични елементи (T , P , RH) и пресметнатите точка на оросяване (Td) и дефицит на точката на оросяване ($T - Td$) със съответните моделни стойности.

Избраните термодинамични индекси на неустойчивост са $CAPE$ [4] и Li [5], дефинирани, както следва:

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{\theta - \theta_e}{\theta} dz, \quad Li = T_{500} - TP_{500},$$

където θ е потенциалната температура на издигащата се индивидуална въздушна частица (ИВЧ), θ_e – потенциалната температура на околната среда, LFC е ниво на свободна конвекция, EL – равновесното ниво на ИВЧ (височината, на която издигащата се частица има същата температура като заобикалящата среда), T_{500} – температурата на 500 hPa,

TP_{500} – температурата на обем въздух, издигнат адиабатно до 500 hPa от първоначалното си ниво.

Пресмятането на $CAPE$ може да се осъществи чрез използване както на потенциална температура, така и на абсолютната температура или виртуалната температура. При високите стойности на индекса ефектите от използване на различни температури не води до съществени разлики [6]. В настоящото изследване е използвана формулата

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T - T_e}{T_e} dz,$$

където T_e е температурата на околния въздух.

Индексите $CAPE$ и Li са пресметнати чрез софтуер за обработка на аерологичен сондаж [1, 2] по два начина. При първия за начални данни при земята са ползвани моделните данни, а във втория – приземни данни от наблюденията в полигоните. Направено е сравнение между стойностите на $CAPE$ и Li , пресметнати по двата начина.

Термодинамичните индекси на неустойчивост от десетилетия се използват в прогнозата на конвекция и също така в редица научни публикации [7], макар сами по себе си те да имат известни ограничения [8]. Затова и тук са включени два от най-често използваните.

3. РЕЗУЛТАТИ

3.1. СРАВНЕНИЕ НА ДАННИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА БЪРДАРСКИ ГЕРАН (ИАБГ)–КНЕЖА (НИМХ) И ГЕЛЕМЕНОВО (ИАБГ)–ИВАЙЛО (НИМХ)

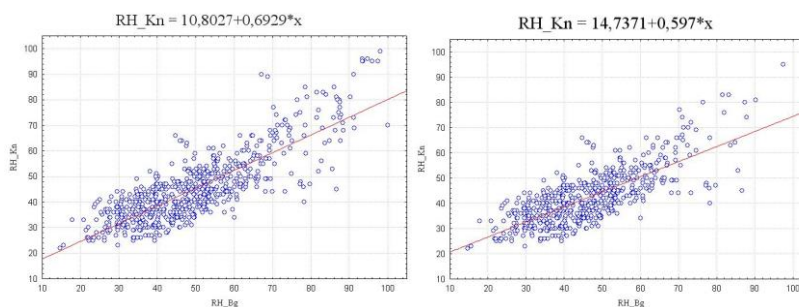
Изчислени са коефициенти на корелация между температурата, налягането и относителната влажност в три групи (all, clear, rain) за Бърдарски геран и Кнежа. Резултатите са представени в таблица 1. Коефициентът на линейна корелация на Пийърсън е означен с R , а с разделител долна черта е указано за кой район и коя група се отнася. За обработката на данните в настоящото изследване е използван софтуер STATISTICA 6 [9]. Избрано е ниво на значимост $\alpha = 0,5$ и всички изчислени коефициенти на корелация при така избраното ниво са значими.

Коефициентите на корелация между температурите в Бърдарски геран и Кнежа са високи – 0,96–0,98, независимо в коя от групите попадат. За налягането са малко по-ниски, в интервала 0,88–0,92. Сравнително по-ниският коефициент на корелация за налягането вероятно се дължи на различната точност, с която се правят измерванията (ИАБГ – до 1 hPa, НИМХ – 0,1 hPa).

Таблица 1. Коэффициенти на корелация за Бърдарски геран и Кнежа, 12:00 UTC

Параметър	$R_{Bg_Kn_all}$	$R_{Bg_Kn_clear}$	$R_{Bg_Kn_rain}$
T	0,98	0,97	0,96
P	0,90	0,88	0,92
RH	0,82	0,76	0,77
N	684	598	86

Сравнително по-ниски са коефициентите на корелация при относителната влажност. Определянето на относителната влажност се извършва по психрометричния метод, при който от съществено значение е точното измерване стойностите на атмосферното налягане и температурите на влажния и мокрия термометър. Малки неточности при измерване на температурите по двата термометъра могат да доведат до значителни грешки при определянето на относителната влажност [10]. Допълнително, значителни вариации на RH могат да бъдат предизвикани от локални източници на влага (наличие на водоеми, напояване, локално преваляване и др.). Коефициентът на корелация е най-нисък при ясните дни (0,76) и най-висок при всички дни (0,82). На фиг. 2 са показани диаграмите на разсейване (scatter plots) в двата случая.



Фиг. 2. Диаграма на разсейване на относителната влажност за всички дни (ляв панел) и дни без валеж (десен панел), измерени в Бърдарски Геран (BG) и Кнежа (Kn)

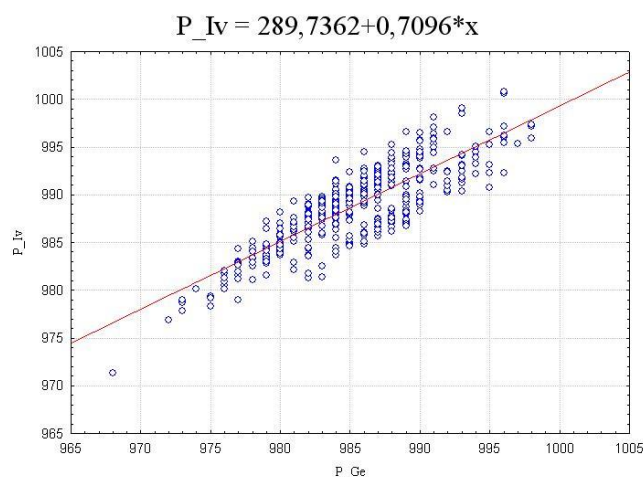
На фиг. 2 се вижда, че наклонът на правата (построена чрез линейна регресия) е по-малък в дните без валеж, което е по-ясно изразено при ниските стойности на относителната влажност.

В табл. 2 са представени коефициентите на корелация на метеоелементите за Гелеменово и Ивайло. Означенията са аналогични с тези в табл. 1, като след първата долна черта стои „Ge_Iv”.

Таблица 2. Коэффициенти на корелация за Гелеменово и Ивайло, 12:00 UTC

Параметър	$R_{Ge_Iv_all}$	$R_{Ge_Iv_clear}$	$R_{Ge_Iv_rain}$
T	0,98	0,98	0,92
P	0,90	0,84	0,86
RH	0,82	0,86	0,83
N	697	474	220

Отново най-високи са коефициентите на корелация за температурата (над 0,92) във всички случаи. Относителната влажност е с коефициент на корелация в интервала 0,82–0,86 за различните групи. По-висок е отколкото при предходната двойка полигон/станция на НИМХ. По-ниски са стойностите за коефициента на корелация между налягането, измерено в Гелеменово, и налягането в Ивайло в дните без валеж (0,84).



Фиг. 3. Диаграма на разсейване на налягането в дни без валеж за Гелеменово (по абсцисата) и Ивайло (по ординатата)

На фиг. 3 е представена диаграмата на разсейване за измереното налягане (без привеждане към морско ниво) в Гелеменово и Ивайло. Вероятно различните точности и методи (за ИАБГ – с барограф), с които се измерва атмосферното налягане, са причина за сравнително голямата разпръснатост на точките. Освен това трябва да се има предвид и разликата в надморската височина (около 40 m).

От сравненията могат да бъдат направени следните изводи: силната корелация между данните за температурите за двойките полигон–

станция на НИМХ позволява те да бъдат използвани при процедури за контрол на данните и отстраняване на грешки, а при липса на данни при едно от измерванията – и за попълването им. При използване на данните е необходимо да бъдат направени корекции, отчитащи различната надморска височина.

3.2. СРАВНЕНИЕ НА ДАННИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧНИ НАБЛЮДЕНИЯ И ЧИСЛЕН МОДЕЛ

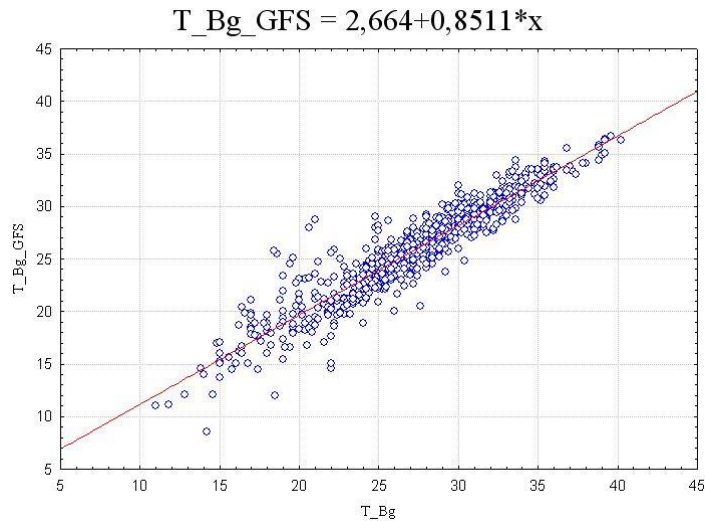
С помощта на софтуера за обработка на аерологичен сондаж по два различни начина са пресметнати избрани метеоеlementи и термодинамични индекси на неустойчивост. В първия случай за входни данни са използвани приземни измервания от полигон (температура, максимална температура, налягане, относителна влажност и скорост и посока на вятъра) и моделният сондаж за температура и точка на оросяване във височина. Във втория – само моделният сондаж.

В табл. 3 са представени коефициентите на корелация за описаните в предходния раздел параметри за Бърдарски геран между случаите с и без включването на приземни данни в моделния сондаж.

Таблица 3. Коефициенти на корелация за Бърдарски геран чрез моделни данни и данни от наблюдения, 12:00 UTC

Параметър	<i>R_Bg_GFS_all</i>	<i>R_Bg_GFS_clear</i>	<i>R_Bg_GFS_rain</i>
<i>Li</i>	0,75	0,74	0,77
<i>T</i>	0,94	0,94	0,87
<i>Td</i>	0,74	0,73	0,78
<i>RH</i>	0,77	0,73	0,63
<i>CAPE</i>	0,65	0,65	0,71
<i>T-Td</i>	0,79	0,76	0,64
<i>N</i>	684	598	86

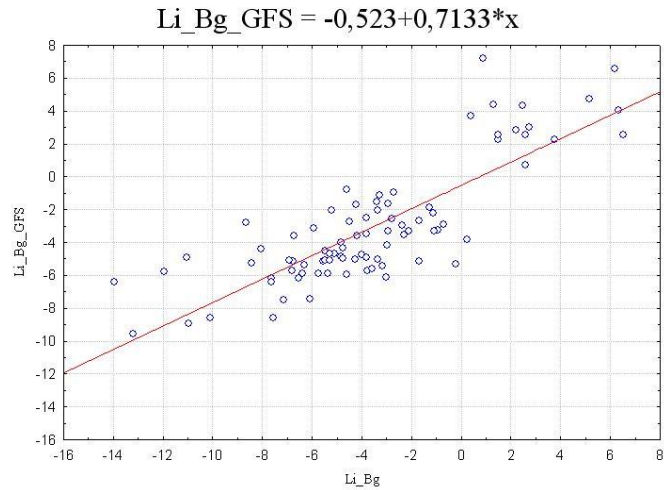
Коефициентите на корелация за температурата са високи и за трите групи данни (в интервала 0,87–0,94), независимо че има разлика във височината на най-ниското моделно ниво и реалната надморска височина на полигона. На фиг. 4 е показана диаграма на разсейване за всички случаи (all). Резултатите са без екстраполация (например по сухата адиабата) до нивото на полигона на данните за моделната температура, доколкото това би довело само до вертикално отместване на точките на фиг. 4.



Фиг. 4 Диаграма на разсейване на температурата от наблюдение и от модел (означена с „_GFS“) за Бърдарски геран в 12:00 UTC

Коефициентите на корелация R за точката на оросяване и Li (табл. 3) също са добри, като в дни с валеж са малко по-високи (фиг. 5). Стойностите на R за $CAPE$ също са по-високи за дните с валеж, макар като цяло да са по-ниски. За относителната влажност и дефицита на точката на оросяване се наблюдава обратната зависимост в резултатите – коефициентите на корелация са по-ниски в дните без валеж, като са и с най-ниски стойности от изследваните характеристики (за RH : 0,63; за $(T - Td)$: 0,64). Една от възможните причини е по-малкият брой дни с валеж (86) .

Интересното при диаграмата на разсейване на Li в дните с валеж са някои високи стойности. По принцип, когато този индекс е с положителни стойности, атмосферните условия се считат за стабилни [11]. На фиг. 5 се виждат (в горния десен ъгъл) високи стойности на Li , а на полигона е регистриран валеж. Това още веднъж показва, че единствено стойностите на индекса Li в 12:00 UTC не могат да бъдат критерий за устойчивостта на атмосферата. Необходимо е провеждането и на подробен анализ на синоптичната обстановка и определяне на причините за възможен валеж – вътрешномасови или фронтални.



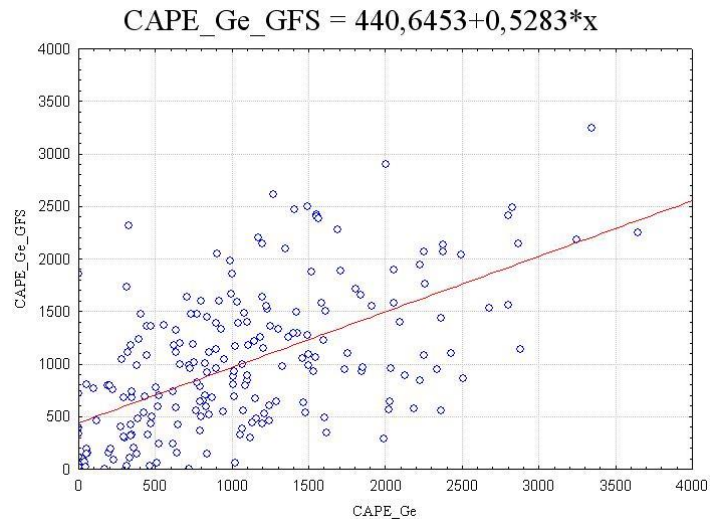
Фиг. 5. Диаграма на разсейване на Li от наблюдение и от модел за Бърдарски геран в 12:00 UTC

Корелационен анализ е направен и за Гелеменово, като резултатите са представени в табл. 4.

Таблица 4. Коefициенти на корелация за Гелеменово чрез моделни данни и данни от наблюдения, 12:00 UTC

Параметър	$R_Ge_GFS_all$	$R_Ge_GFS_clear$	$R_Ge_GFS_rain$
Li	0,86	0,86	0,71
T	0,91	0,91	0,90
Td	0,83	0,83	0,75
RH	0,79	0,73	0,69
$CAPE$	0,71	0,74	0,59
$T - Td$	0,81	0,75	0,75
N	697	474	220

Резултатите са почти аналогични, затова са отбелязани само разликите. За всички дни повечето от коefициентите на корелация в Гелеменово (табл. 4) са по-високи от съответните за Бърдарски Геран (табл. 3). Единствената характеристика, която има по-висок коefициент на корелация в тази група, е T . Броят на дните с валеж в Гелеменово (220) е по-голям, отколкото за Бърдарски геран (86). Най-нисък е коefициентът на корелация за $CAPE$ в дните с валеж на Гелеменово, за които на фиг. 6 е представена диаграма на разсейване.



Фиг. 6. Диаграма на разсейване за *CAPE*, пресметнат с данни от наблюдение и от модел за Гелеменово в 12:00 UTC в дни с валеж

От фиг. 6 се вижда, че разликите в стойностите на *CAPE*, пресметнат по двата различни начина (чрез използване на измерени приземни данни и моделни и само по моделни данни), са големи. В преобладаващия брой случаи използването на входни данни само от моделен сондаж от GFS дава по-ниски стойности на този индекс.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направени са сравнения между метеорологичните измервания, извършвани в два полигона на ИАБГ и съответните най-близки станции на НИМХ по време на топлото полугодие в рамките на пет години, разделени в три групи – всички дни, дни с валеж и дни без валеж. Резултатите са най-добри за температурата. За относителната влажност коефициентите на корелация са по-ниски, особено при ниските ѝ стойности в дни без валеж. За налягането от съществено значение е както надморската височина, така и начинът на измерване. Това може да е причината, поради която има разлика в измерените стойности на налягането, водеща до по-ниските коефициенти на корелация. Във втората част на изследването сравненията са между параметри, пресметнати със софтуер за обработка на аерологичен сондаж чрез използване на данни от метеорологични наблюдения, и моделен сондаж от GFS и чрез използване само на моделен сондаж.

Сравнявайки приземните данни (измерени и от числения модел), полученият за температурата коефициент на корелация е висок, но при относителната влажност и точката на оросяване получените стойности за коефициента на корелация са значително по-ниски. Нисък е и коефициентът на корелация за *CAPE*. Доколкото стойностите на индексите на неустойчивост са силно зависими от приземните температура и влажност, е желателно при пресмятането им да се използват данни от наблюдения с висока прецизност.

Markova and Mitzeva [12] показват, че използването на моделен сондаж в Североизточна България е оправдано. Настоящото изследване може да бъде продължено с използване на данни от моделен сондаж с добавени приземни данни, но изчисляването на термодинамичните индекси да се стартира с осреднени за приземните до 500 m метеорологични данни, както се препоръчва от редица автори [6–8]. Продължение на работата е възможно и чрез разделяне на дните с валеж на няколко подгрупи и изследване на индексите на неустойчивост за всяка подгрупа [13].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сираков, Д. Краен отчет по задача 16144-1: „Оптимизация на дейностите в противогорадовата система на НРБ“ от ККП-2 „Проблеми на борбата с градушките и други неблагоприятни атмосферни явления“, тема № 16144, НИС, СУ „Климент Охридски“, 1987.
- [2] Dimitrova, Ts., Mitzeva, R., Savtchenko, A. *Atmos. Res.*, 2009, **93**, 30.
- [3] <http://www.ready.noaa.gov/READYamet.php>.
- [4] Moncrieff, M., Miller, M. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1976, **102**, 37.
- [5] Galway, J. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1956, **37**, 528.
- [6] Doswell, C. A. III, Rasmussen, E. N. *Weather and Forecasting*, 1994, **9** (4), 625.
- [7] Doswell, C. A. III. On convective indices and sounding classification. Preprints. 5 th Australian Severe Thunderstorm Conv., Avoca Beach, NSW, Australia, Bureau of Meteor., 1996, 7-12.
- [8] Doswell, C. A. III, D. M. Schultz. *Electronic J. Severe Storms Meteor.*, 2006, **1**(3), 1.
- [9] StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA (data analysis software system), version 6.1, www.statsoft.com
- [10] <http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/White%20Papers/lsh-Trouble-with-Humidity.pdf>
- [11] <http://www.woeurope.eu/cgi-bin/expertcharts?MODELL=gfs&MODELLTYP=1&VAR=lftx&INFO>
- [12] Markova, B. and R. Mitzeva. *Bul. J. Meteo & Hydro.*, 2011, **16**, 86.
- [13] Llasat, M. *Int. J. Climatol.*, 2001, **21**, 1385.