

УДК 551.501

Б.К. Канаева<sup>1</sup>Геогр. ғылымд. канд. А.С. Нысанбаева<sup>1</sup>

**АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНДА МЕЗОМАСШТАБТЫ КОНВЕКТИВТІ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ДАМУЫН БОЛЖАУҒА ҚАЖЕТТІ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ИНДЕКСТЕРДІҢ ШЕКТІК МӘНДЕРІН MODIS AQUA / TERRA ЖЕР СЕРІКТЕРІНІҢ МӘЛІМЕТТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ**

*Түйін сөздер:* мезомасштабты конвективті жүйелер (МКЖ), термодинамикалық тұрақтылық индекстері, Lifted Index, K Index, Total Totals, MODIS Aqua/Terra жер серігі

*Алматы облысының табиғи жағдайы күрделі, яғни шөлден мәңгі қарға дейін 5 климаттық аймақты қамтығандықтан, мұнда жүріп жататын атмосфералық процестерді де зерттеу күрделене түседі. Соның ішінде мезомасштабты конвективті жүйелерді дұрыс талдау мен болжау өте маңызды. Бұл мақалада Алматы облысында мезомасштабты конвективті жүйелердің пайда болып, ары қарайғы дамуын зерттеуге қажетті термодинамикалық тұрақтылық индекстерінің шектік мәндерін анықтаудың визуалды әдістемесі қарастырылған.*

**Кіріспе.** Көптеген авторлар бойынша [Mueller C.K., Wilson J.W., Crook N.A., Davis H., Kitzmiller, McGovern W.E.], мезомасштабты конвективті жүйелер дегеніміз қатты желдердің, мезомасштабты конвективті кешендердің және конвективті штормдарды топтастыратын конвективті бұлттар жиынтығының үлкен, әрі ұзақ өмір сүретін нысаны. Мезомасштабты конвективті жүйелер бірнеше шақырымнан жүздеген шақырымға дейін, бір сағаттан аз уақыттан бастап тәуліктерге дейін созылатын ерекшелігімен айқындалады. МКЖ-не қатпарлы және конвективті жауындардың қос аймағы да кіреді. Іс жүзінде МКЖ шеңберінде будақ бұлттар тропопауза биіктігінен де асып өсуі мүмкін және ұйымдасқан қатпарлы конвекция түзетін объект ретінде бірнеше ондаған километрге дейін жетуі мүмкін. МКЖ-дің құрылымы оған тән процестерге байланысты, яғни бұлттар микрофизикасы, көтерілу

<sup>1</sup> әл Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

механизмі, өрлеу ағындары-көтерілу ағындары сияқты процестерге байланысты өте күрделі болып келеді [6].

Синоптикалық масштабтағы ауа райы жүйесі энергияның көп бөлігін мезомасштабты жүйе шеңберінен алады. Осы мезомасштабты жүйелер шеңберінде болып жататын ауа райы құбылыстары қысқа мерзімді болжамдардың негізі болып табылады. Жер серіктік және радиолокациялық бақылаулардың дамуы осы жүйелерді терең түсінуге мүмкіндік берді.

Мезомасштабты конвективті жүйелердің әсері екі жақты болып келеді. Пайдалы жағынан қарастырсақ, МКЖ ауылшаруашылығына тиімді мол жауын-шашынның түсуін қамтамасыз етеді, ал теріс әсері – баяу орын ауыстыруы және әрекет ету уақыты ұзаққа созылатындықтан, өте көп мөлшердегі нөсер жауын су тасқыны қаупін туғызып қана қоймай, найзағай, күшті желдер және бұршақ ұруы ауыл шаруашылығы саласына, авиацияға орасан зор зиян тигізеді. Сонымен қатар, жер серіктерін орбитаға шығару кезінде қиын жағдайларды туғызу қаупі бар.

Мақалада баяндалатын жұмыстың мақсаты – MODIS Aqua/Terra жер серіктерінің [13] мәліметтерін пайдалана отырып Алматы облысындағы МКЖ дамуын және алдын ала болжауға қажетті термодинамикалық тұрақсыздық индекстерінің (LI, TPI, K-Index және TPW) шектік мәндерін анықтау болды [4, 5].

**Бастапқы деректер мен зерттеу әдістері.** Осы зерттеу жұмысы үшін келесі мәліметтер пайдаланылды:

а) 2010, 2011және 2012 жылдардың мамыр, маусым айларындағы найзағай болған күндердің жалпы саны, бұл мәліметтер таңдап алынған метеостанциялардың бақылау архивінен алынды. ЖЖС мәліметтері бойынша орын алған МКЖ жағдайларын талдау үшін Алматы облысы аумағы бойынша метеорологиялық станциялардың мәліметтері жинақталды. Алматы облысының 5 метеорологиялық станцияларының мәліметтері кестеде келтірілген (кесте).

б) TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)жер серігінен МКЖ орын алған күндердегі жауын-шашын жөніндегі мәліметтер алынып, талданды. TRMM жер серігі АҚШ пен Жапонияның бірлесе отырып 1997 жылы тропиктік және субтропиктік аймақтарда жауын-шашын мөлшерін қадағалау мақсатында ұшырған жер серігі [11].

в) GDAS (мәліметтерді ассимиляциялаудың әлемдік жүйесі): FNL жедел талдауы (нақты уақыт) [12]:

- барлық қысым деңгейлері үшін атмосфера параметрлерін береді (1000 – 10 мб);
- теңіз деңгейінің биіктігі;
- температура (төселме беткей, төселме беткейден 2 м жоғары, төселме беткейден 10 м жоғары);
- тропопауза;
- максимальді жел деңгейі;
- теңіз деңгейінен 1829 м, 2743 м, 3658 м жоғары;
- 2 рv өлшем бірлігі, -2 рv өлшем бірлігі;
- 0 °С изотермасы, 0-10 см төмен деңгей, 10-200 см төмен деңгей).

Кесте

Алматы, Ақсеңгір, Есік, Бақанас және Шымбұлақ метеостанцияларының (М) мезомасштабты конвективті жүйе орын алған күндеріндегі метеокөрсеткіштері

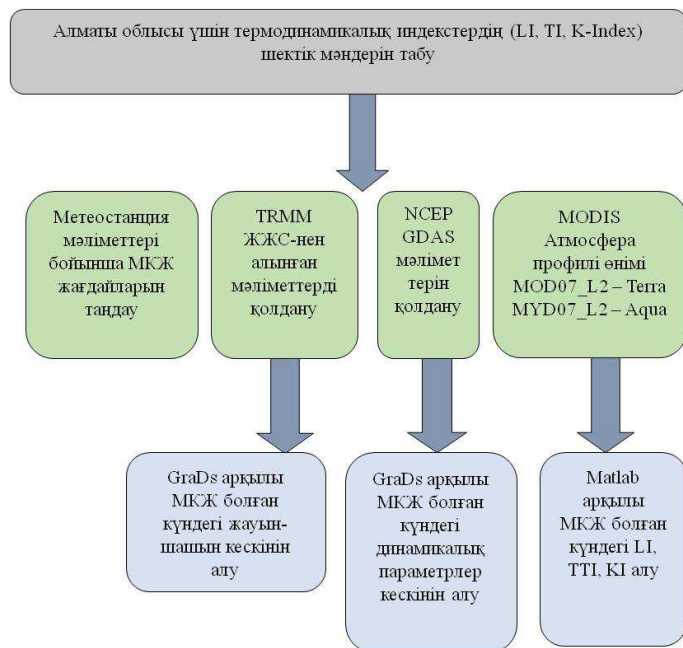
Координаттары		Құбылыс уақыты (Гринвич)	Жауын-шашын, мм		Қауіпті құбылыс
ендік, °с.е.	бойлық, °ш.б.		МС	TRMM 3B42 ЖЖС	
<b>Обсерватория</b>					
43,14	76,93	15.06.2011 11.05-12.35	9	6...9	найзағай, бұршақ
<b>Ақсеңгір</b>					
43,45	76,27	28.06.2011 10.50-12.05 14.35-16.30	8	6...9	найзағай, бұршақ
<b>Есік</b>					
43,02	77,47	30.05.2011 11.15-12.05	7	6...9	найзағай, бұршақ
<b>Бақанас</b>					
44,50	76,27	30.05.2012 09.50-11.30	10	21...24	найзағай, бұршақ
<b>Шымбұлақ</b>					
43,06	77,00	27.06.2011 07.02-09.43	20	21...24	найзағай, бұршақ

Осы зерттеу жұмысында келесі параметрлер пайдаланылған: салыстырмалы ылғалдылық, желдің U&V компоненттері, жалпы су буы қоры (Total Precipitable Water) [12].

г) MODIS веб сайтынан [<http://modis.gsfc.nasa.gov>] алынған мәліметтер. Бұл мәліметтерде температура мен ылғалдылықтың вертикальді профилі және тұрақсыздықтың термодинамикалық

параметрлері (LI, TTI, KI және TPW) туралы ақпарат бар. MODIS атмосфералық тұрақтылығы атмосфераның күнделікті үш индекстерінен тұрады. TT, LI және KI инфрақызыл температурасы мен ылғалдылық профилін қолдану арқылы есептеледі. Атмосфера температурасы, ылғалдылық және атмосфера геопотенциалы 20 атмосфералық қысым деңгейінде жасалады (05, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 620, 700, 780, 850, 920, 950, 1000 гПа) [13].

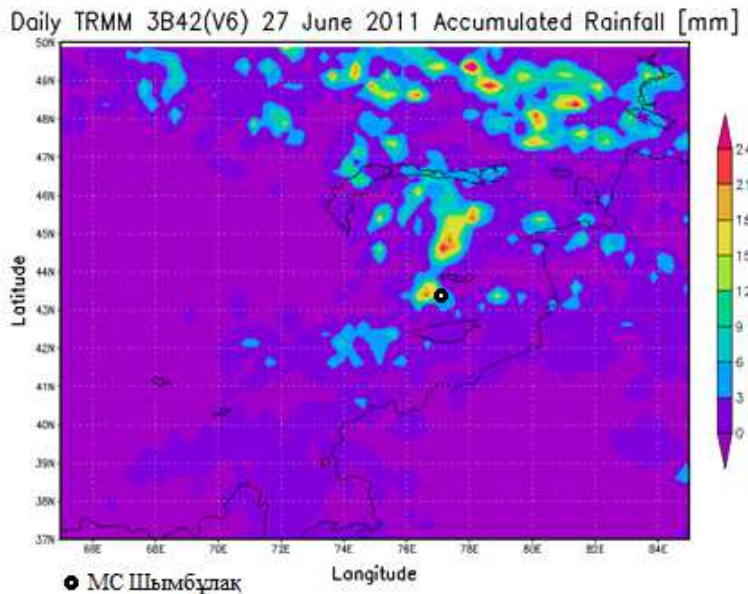
Талдауды жүргізудің алгоритмі келесі блок-сызбада көрініс тапқан (сурет 1):



Сурет 1. Зерттеу әдістемесінің блок-сызбасы.

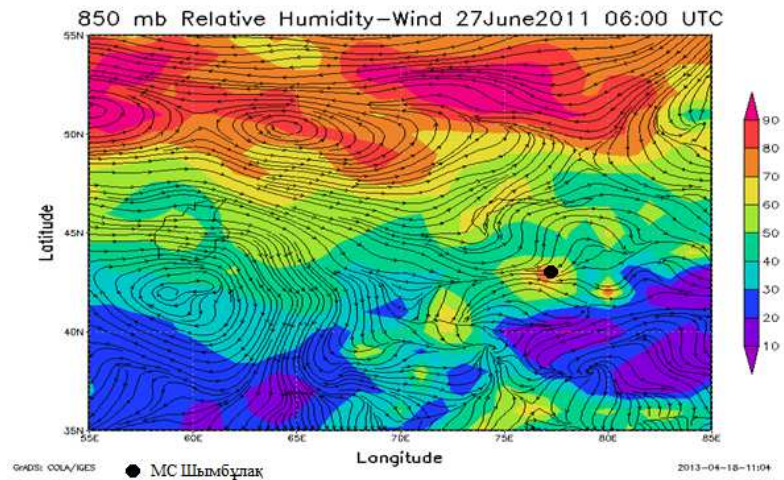
**Нәтижелері мен талқылаулар.** Алматы облысының 5 метеорологиялық станциясы бойынша ЖЖС өңделген мәліметі арқылы мынадай термодинамикалық тұрақтылық индекстерінің шектік мәндері визуалды әдіспен анықталды: LI (Lifted Index), K-индексі (K Index), TT (Total Totals Index) және жалпы су буы қоры (Total Precipitable Water). Бұл мақалада зерттеу нәтижелерін Шымбұлақ метеостанциясының (географиялық координаттары 43,06°с.е., 77,00°ш.б.) мысалында көруге болады.

Шымбұлақ метеорологиялық станциясының мәліметі бойынша күшті конвекция кезінде жалпы жауын-шашын мөлшері 20 мм құраған. TRMM 3B42 жер серігінің мәліметі бойынша 24 сағат ішінде жинақталған жауын-шашын мөлшері 21...24 мм құрайды (2-сурет).

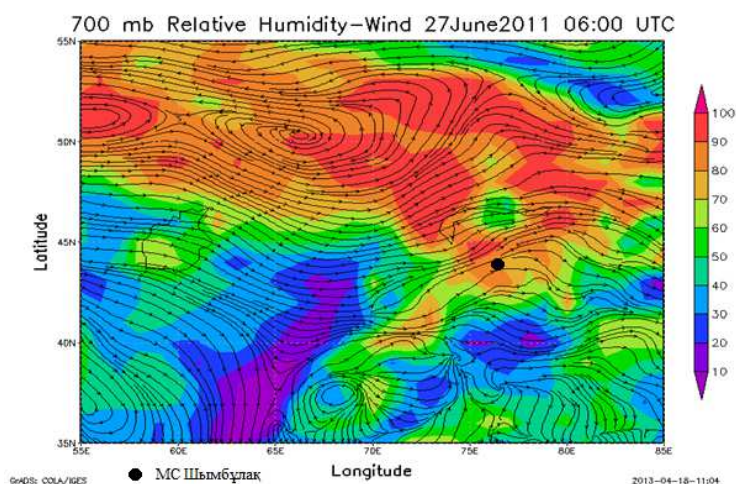


Сурет 2. TRMM 3B42 ЖЖС-нен алынған 24-сағаттық жиынтық жауынның карта-графигі.

Осы күнгі МКЖ динамикасын талдау үшін  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  координаттық торы Ғаламдық Мәліметтер Ассимиляциясының Жүйесінен (GDAS) алынған. Төмендегі суреттерде (сурет 3, 4) 06:00 Гринвич уақыты бойынша 850 мб және 700 мб деңгейлеріндегі салыстырмалы ылғалдылық пен жел ағынының сызықты түрі көрсетілген (3, 4-сурет).

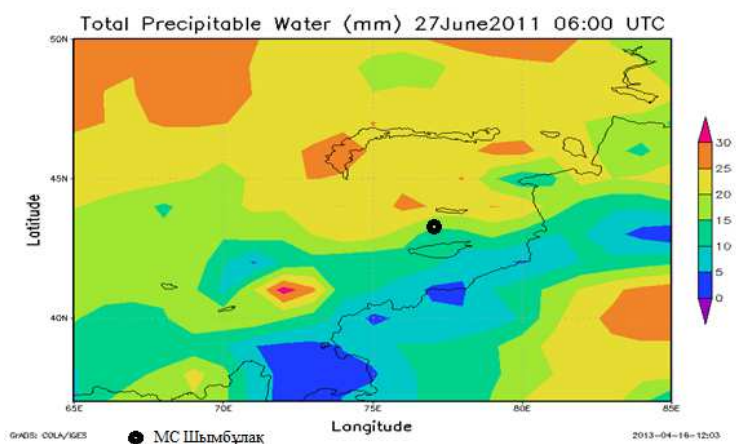


Сурет 3. 2011ж. 27-маусымындағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS модельді талдауынан алынған 850 мб деңгейіндегі салыстырмалы ылғалдылық пен жел векторының графикатері.



Сурет 4. 2011ж. 27-маусымындағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS модельді талдауынан алынған 700 мб деңгейіндегі салыстырмалы ылғалдылық пен жел векторының графиктері.

3-суреттегі 850 мб деңгейінде салыстырмалы ылғалдылық мәні зерттеліп отырған аймақтың кей жерлерінде 60...70 %-ға дейін, кей жерлерде 80...90 %-ға дейін жетсе, 4-суреттегі 700 мб деңгейінде салыстырмалы ылғалдылық мәні кей жерлерде 100 %-ға дейін жетеді. 5-суретте зерттеліп отырған аудандағы жалпы су буы аймағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS моделінен алынып, картаға түсірілген (5-сурет).



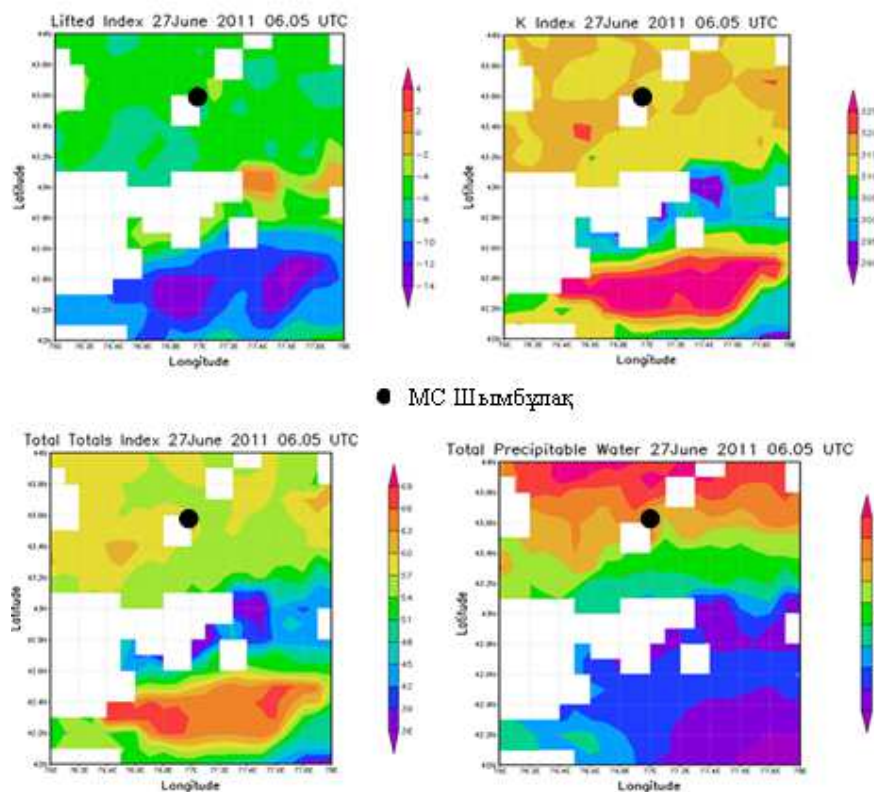
Сурет 5. 2011ж. 27-маусымындағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS модельді талдауынан алынған жалпы су буы аймағы (TPW).

5-суретте 06:00 Гринвич уақыты бойынша зерттеу аймағына еліміздің орталық аудандарынан үлкен ылғал аймағы келіп түседі, бұл ылғал конвективті жүйенің басталуы мен дамуына ықпал етуі мүмкін.

GDAS моделінен алынған TPW мәні зерттеліп отырған аймақта 06:00 Гринвич уақыты бойынша 20...25 мм-ден көп болған, мұндай жоғары көрсеткіш конвективті жүйенің дамуын жылдамдатуы мүмкін.

MODIS Terra платформасының зерттеліп отырған аймақ үстінен кесіп өтуі 2011 жылдың 27-маусымында 06:05 Гринвич уақыты бойынша болған, бұл уақыт конвективті жүйе дамуынан 57 минут бұрын уақытқа сәйкес келеді. MODIS Aqua платформасының осы аймақты кесіп өтуі бұл уақытқа сәйкес келмейді.

Тұрақтылық индекстері MODIS L2 деңгейінен алынып, зерттеліп отырған аймақ үшін картаға түсірілген (6-сурет).



Сурет 6. 2011ж. 27-маусымындағы MODIS/Terra платформасының мәліметі бойынша тұрақсыздық индекстері мен жалпы су буы аймақтары.

6-суретте Lifted Index (LI), K-индексі (KI) және Total Totals Index (TTI) MODIS/Terra платформасының мәліметтері бойынша сәйкесінше  $-4^{\circ}\text{C}$  төмен, 315 К-нен жоғары, 54...60 К шамасындағы мәндерін көрсетеді. Алайда конвективті жүйелердің дамуы үшін тек атмосфералық тұрақсыздық жеткіліксіз, сол үшін конвекция процесі үшін маңызды

жалпы су буы (TPW) мәні де қатар алынған. TPW мәні географиялық ендікке тәуелді, және де ол қоңыржай ендіктерде тропиктерге қарағанда төменірек болады. Сонымен қатар, TPW-ң үлкен мәні, яғни 30 мм-ден жоғары мәні атмосфераның тұрақсыз жағдайы кезінде конвекцияның дамуы үшін жақсы көрсеткіш болып табылады. MODIS Terra мәліметі бойынша зерттеліп отырған аймақ үшін TPW мәні 27...30 мм болған, яғни бұл 5-суреттегі GDAS моделінен алынған TPW мәніне жақын екендігін растайды. MODIS Terra басып өткен уақыттағы тұрақсыздық индекстерінің мәні конвекция дамуы үшін қолайлы болғанын көрсетеді.

**Қорытынды.** Алматы облысы бойынша байқалған бірқатар мезомасштабты конвективті жүйелер MODIS-Aqua/Terra платформаларының мәліметтері бойынша талданды. МКЖ жақсы дамуы үшін оның алдындағы біршама уақыт бұрын қоршаған орта жағдайы термодинамикалық тұрақтылық индекстерімен сипатталуы мүмкін екені және одан ары қарай қоршаған ортаның динамикалық жағдайлары жүру керектігі анықталды. Осы зерттеулер нәтижесінде термодинамикалық индекстердің шектік мәндері анықталды:

1. Lifted Index шектік мәні:  $-4^{\circ}\text{C}$ -ден төмен; Lifted Index мәні оң таңбалы болса шторм ықтималдығы азайып, керісінше индекс мәні теріс таңбалыға ауысқан сайын шторм ықтималдығы мен қарқындылығы жоғарылай береді.
2. K-Index шектік мәні 314 К-нен үлкен; K-индексінің мәні неғұрлым жоғары болса, соғұрлым шторм ықтималдығы мен қарқындылығы жоғарылай береді.
3. Total Totals Index шектік мәні 55 К-нен үлкен. TT-индексінің шторм дамуына қажетті диапазон мәні неғұрлым жоғары болса, соғұрлым шторм ықтималдығы мен қарқындылығы жоғарылай береді. Тұрақтылық индекстерінің осы шектік мәндері жалпы су буының (TPW) 30 мм-ден бастап одан жоғары мәнімен әрқашан байланысты болуы керек.

Осы жағдайларды зерттей келе термодинамикалық тұрақсыздық көрсеткіштері жақсы сапаға ие, сондықтан олар конвекцияның терең, күшті жүйесін болжауда туындайтын мәселелердің шешімін табу үшін қосымша әдіс ретінде қатысуы қажет екендігіне көз жеткізілді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы. – М.: МГУ, 2006. – 101 с.



2. Chrysoulakis N. Towards Monitoring of Regional Atmospheric Instability Through Modis/Aqua Images Geographical Information Systems and Remote Sensing: Environmental Applications: Proceedings of the International Symposium held, Volos, Greece, 7-9 Nov. 2003. – pp. 155-166.
3. Galway J.G. The lifted index as a predictor of latent instability // Bull. Am. Met. Soc. – 1956. – Vol.37. – P. 528-529.
4. George J.J. Weather Forecasting for Aeronautics // New York City: Academic Press. – 1960. – 673 p.
5. Houze R.A. Cloud clusters and large-scale vertical motions in the tropics // J. Met. Soc. Japan. – 1982. – Vol.60, No.1. – P. 396-410.
6. Jacovides C.P., Yonetani T. An evaluation of stability indices for thunderstorm prediction in greater Cyprus // American Meteorological Society. – Dec. 1990. – Vol. 5. – P. 559-569.
7. Jirak I.L., Cotton W.R., McAnelly R.L. Satellite and radar survey of mesoscale convective system development // Mon. Wea. Rev. – Oct. 2003. – Vol. 131. – P. 2428-2449.
8. Jirak, I.L., Cotton W.R. Observational analysis of the predictability of Mesoscale Convective Systems // Wea. Forecasting. – Aug. 2007. – Vol. 22. – P. 813-838.
9. Kitzmiller, D.H., McGovern W.E. VAS products as indices of thunderstorms and severe local storm potential // Proceedings Symposium on Mesoscale Analysis and Forecasting, Vancouver, 1987. – P. 85-90.
10. Mueller C.K., Wilson J.W., Crook N.A. The Utility of Sounding and Mesonet data to Nowcast Thunderstorm Initiation // Weather and Forecasting. – Mar 1993. – Vol 8, No 1. – P. 132-146.
11. NASA Homepage [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.emc.ncep.noaa.gov> (дата обращения: 24.02.2013).
12. NASA Homepage [Электрон. ресурс] – URL: <https://trmm.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 18.02.2013).
13. NASA: The MODIS-atmosphere web site [Электрон. ресурс] – URL: <http://modis.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 24.02.2013).

Поступила 10.05.2018

Б.К. Канаева

Канд. геогр. наук А.С. Нысанбаева

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ СТАБИЛЬНОСТИ ДЛЯ  
ПРОГНОЗА ЭВОЛЮЦИИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ**

## **КОНВЕКТИВНЫХ СИСТЕМ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКА MODIS AQUA / TERRA**

**Ключевые слова:** мезомасштабные конвективные системы (МКС), термодинамические индексы стабильности, Lifted Index, K Index, Total Totals, спутник MODIS Aqua/Terra

*Природные условия Алматинской области охватывают 5 климатических зон – от пустыни до вечного снега, в связи с этим усложняется прогнозирование и исследование происходящих здесь атмосферных процессов. Важно правильно проанализировать и прогнозировать мезомасштабные конвективные системы. В этой статье представлена визуальная методика определения пороговых значений индексов термодинамической стабильности в Алматинской области для изучения возникновения мезомасштабных конвективных систем.*

Kanayeva B.K., Nyssanbayeva A.S.

## **DETERMINATION OF APPROPRIATE VALUES OF THERMODYNAMIC PARAMETERS FOR IDENTIFICATION OF THE MESOSCALE CONVECTIVE SYSTEMS IN THE ALMATY REGION BASED ON DATA OF MODIS AQUA / TERRA SATELLITES**

**Keywords:** mesoscale convective systems (MCS), thermodynamic stability indices, Lifted Index, K Index, Total Totals, satellite MODIS Aqua / Terra

*The natural conditions of the Almaty region cover 5 climatic zones, from the desert to the eternal snow, so it is difficult to predict the atmospheric processes, which taking place here. It is important to correctly analyze and predict mesoscale convective systems. This article presents a visual method for determining threshold values of thermodynamic stability indices in the Almaty region for studying the evolution of mesoscale convective systems.*