

24. Wania, R., Meissner, K.J., M. Eby, M., Arora, V.K., Ross, I. and Weaver, A.J., (2012), Carbon-nitrogen feedbacks in the UVic ESCM. *Geoscientific Model Development*. V. 5, pp. 1137–1160.

25. Zaehle, S. and Friend, A.D., (2010), Carbon and nitrogen cycle dynamics in the O-CN land surface model: 1. Model description, site-scale evaluation, and sensitivity to parameter estimates. *Global Biogeochemistry Cycles*. V. 24. GB1005.

Поступила в редакцию: 08.08.2017

Сведения об авторах

Суховеева Ольга Эдуардовна

младший научный сотрудник
лаборатории антропогенных изменений
климатической системы,
Институт географии РАН;
Россия, 119017, г. Москва, Старомонетный пер.,
д. 29

About the authors

Olga Sukhoveeva

Junior Researcher, Laboratory for Anthropogenic
Changes in the Climate System, Institute of
Geography of the Russian Academy of Sciences;
29, Staromonetny st., Moscow, 119017, Russia

e-mail: olgasukhoveeva@gmail.com

Насыров Мухтор Гаффарович

доктор биологических наук, профессор
начальник отдела международных связей,
Самаркандский государственный университет;
140104, Республика Узбекистан, г. Самарканд,
Университетский бул., 15

Mukhtor Nasirov

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Vice-Rector of International Relations department,
Samarkand State University;
15, University boul., Samarkand, 15140104,
Uzbekistan

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Суховеева О.Э., Насыров М.Г. Оценка влияния метеорологических условий на баланс углекислого газа в полупустынях Узбекистана // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №1(44). С.95–105. doi 10.17072/2079-7877-2018-1-95-105

Please cite this article in English as:

Sukhoveeva O.E., Nasirov M.G. The evaluation of meteorological conditions influence on carbon dioxide balance in Uzbekistan semideserts // Geographical bulletin. 2018. №1(44). P. 95–105. doi 10.17072/2079-7877-2018-1-95-105

УДК 551.509.54

Б.А. Сивков, Н.А. Калинин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ ИНДЕКСОВ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ШКВАЛАХ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

В работе рассматриваются индексы неустойчивости атмосферы и их значения, при которых наблюдаются шквалы разной силы. По данным реанализа модели CFS были рассчитаны индексы CAPE, CIN, LI, TT, K и SWEAT за период 2000–2016 гг. для территории Пермского края. На основе полученных данных были определены предельные величины индексов, а также скорректированы критические значения, при превышении которых возможны шквалы. Исследование показало, что для всех индексов необходимо снизить (для индекса LI повысить) эти критические значения. Построены карты распределения индексов неустойчивости по Пермскому краю.

К л ю ч е в ы е с л о в а : шквалы, индексы неустойчивости, конвекция, реанализ, модель CFS.

B.A. Sivkov, N.A. Kalinin
DETERMINATION OF THE VALUES OF THE CRITERIA FOR INSTABILITY INDICES FOR SQUALLS IN THE PERM REGION

Perm State University, Perm

The article describes the instability indices of the atmosphere and their values at which squalls of different strengths are observed. According to CFS reanalysis data, CAPE, CIN, LI, TT, K and SWEAT indices were calculated for the period 2000 – 2016 for the Perm region. Based on the data obtained, the limit values of indices were determined, and also the critical values, above which squalls are possible, were corrected. The study has shown that for all the indices it is necessary to reduce (for the LI index to increase) these critical values. Maps of instability indices distribution have been built for the Perm region.

К e y w o r d s : squalls, instability indices, convection, reanalysis, CFS model.

doi 10.17072/2079-7877-2018-1-105-114

Введение

Шквал – это резкое усиление ветра в течение короткого времени, сопровождающееся изменениями его направления. Скорость ветра при шквалах нередко превышает 20–30 м/с [20]. При такой скорости ветер наносит экономический ущерб многим сферам деятельности человека, оставляя большие площади поваленного леса и обуславливая гибель людей. В связи с этим необходимо точнее и с наибольшей заблаговременностью спрогнозировать место прохождения шквала и его силу. Вместе с тем, поскольку это явление имеет локальный характер, его прогноз вызывает существенные трудности.

К настоящему времени разработано значительное число подходов к прогнозированию шквалов, которые условно можно объединить в несколько групп:

– индексы неустойчивости атмосферы [3; 10–12; 18; 20–25]. Так как шквалы связаны с кучево-дождевой облачностью, то, прогнозируя последнюю, можно оценить возможность возникновения шквалов;

– синоптико-статистические методы, изложенные, например, в [13–16]. Они основаны на зависимости возникновения шквалов от параметров атмосферы (предикторов) и синоптической ситуации;

– гидродинамическое моделирование [5–7]. Здесь прогноз шквалов осуществляется при помощи гидродинамических моделей;

– гидродинамико-статистические методы [1; 4; 11; 12; 19]. Эти методы основаны на анализе комплекса предикторов.

На взгляд авторов статьи, наиболее простым методом прогноза шквалов является расчет индексов неустойчивости. Данный метод не требует сложных вычислений, а также (в случае расчета по аэрологическим диаграммам) наличия суперкомпьютера. Однако критерии индексов неустойчивости, которые используются сейчас, определены на основе наблюдения за шквалами преимущественно для зарубежных территорий. Различия между установленными значениями индексов и значениями, которые наблюдаются на территории России (Западная Сибирь), были показаны в [9].

Очевидно, что для территории Пермского края пороговые значения индексов, при которых наблюдаются шквалы, будут отличаться от используемых в зарубежной практике. Поэтому целью данного исследования является уточнение пороговых значений индексов неустойчивости, при которых наблюдаются шквалы для рассматриваемого региона.

Материалы и методы исследования

Индексы неустойчивости могут быть рассчитаны по данным аэрологического зондирования атмосферы, космического мониторинга, а также по выходным данным моделей. Они учитывают влияние на возникновение опасных метеорологических явлений термических, динамических факторов, а также содержание водяного пара. Далее приведены наиболее распространенные индексы, которые описаны и использованы в различных работах.

CAPE (convective available potential energy) – доступная потенциальная энергия конвекции (Дж/кг). Эта величина аналогична принятому в России термину «энергия неустойчивости». *CAPE* определяется по следующей формуле [25]:

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T'_p - T'}{T'} dz, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения; T'_p и T' – виртуальная температура на уровне p в поднимающейся частице и в окружающем воздухе соответственно; LFC – уровень конденсации; EL – уровень конвекции.

Значениям *CAPE* от 0 до 1000 Дж/кг соответствует слабая неустойчивость атмосферы. При этом вероятны слабые ливневые осадки. При значениях от 1000 до 2500 Дж/кг отмечается умеренная неустойчивость с ливнями, грозами и шквалами. Значениям *CAPE*, равным 2500–3500 Дж/кг, соответствует сильная неустойчивость, при значениях свыше 3500 Дж/кг – очень сильная неустойчивость с сильными и очень сильными грозами, шквалами и градом.

CIN (Convective inhibition) – энергия конвективного торможения (Дж/кг). Это количество энергии, необходимой частице воздуха для преодоления в нижней тропосфере задерживающего слоя [25]:

$$CIN = g \int_0^{LFC} \frac{T'_p - T'}{T'} dz, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения; T'_p и T' – виртуальная температура на уровне p в поднимающейся частице и в окружающем воздухе соответственно; LFC – уровень конденсации.

Значениям *CIN* в диапазоне $-50 \div 0$ Дж/кг соответствует слабая устойчивость атмосферы, но при этом возможна конвекция. При *CIN*, равной $-200 \div -51$ Дж/кг, наблюдается умеренная устойчивость, а при значениях ниже -200 Дж/кг – сильная устойчивость, при которой конвекция невозможна.

Индекс *LI* (Lifted index) характеризует термическую стратификацию атмосферы по отношению к вертикальным перемещениям воздуха (°C) и рассчитывается по формуле [25]

$$LI = T'_{500} - T'_{p,500}, \quad (3)$$

где T'_{500} – температура окружающей среды на изобарической поверхности 500 гПа (°C); $T'_{p,500}$ – температура частицы на изобарической поверхности 500 гПа.

При значениях *LI* от 0 до -2 °C атмосфера является слабо неустойчивой, от -2 до -6 °C – умеренно неустойчивой, а при значениях ниже -6 °C – сильно неустойчивой. При значениях индекса выше 0°C атмосфера устойчива.

Индексы *TT* (Total Totals) и *K* (K-index) – характеризуют совместное влияние стратификации температуры и содержания водяного пара (°C) и рассчитываются по следующим формулам [21]:

$$TT = (T_{850} - T_{500}) + (Td_{850} - T_{500}), \quad (4)$$

$$K = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}), \quad (5)$$

где T_{500} , T_{700} , T_{850} – температура окружающей среды на изобарических поверхностях 500, 700 и 850 гПа (°C); Td_{850} , Td_{700} – температура точки росы на изобарических поверхностях 850 и 700 гПа (°C).

Значения *TT* (K) в диапазоне 40–45 (25–30)°C соответствуют слабо неустойчивой атмосфере, 46–50 (31–35)°C – умеренно неустойчивой, 51–55 (36–40)°C – сильно неустойчивой и свыше 55 (40)°C – крайне неустойчивой атмосфере.

SWEAT (Severe Weather ThrEAT) – комплексный критерий, учитывающий кроме температурной стратификации и содержание водяного пара, влияние скорости и сдвига ветра (безразмерный). Рассчитывается по формуле [25]

$$SWEAT = 12Td_{850} + 20(TT - 49) + 3,888V_{850} + 1,944V_{500} + 125[(\sin(dd_{500} - dd_{850}) + 0,2)], \quad (6)$$

где TT – индекс Total Totals, V_{850} и V_{500} – скорость ветра в м/с на изобарических поверхностях 850 и 500 гПа, dd_{850} и dd_{500} – направление ветра в градусах на изобарических поверхностях 850 и 500 гПа. При расчете необходимо выполнять несколько условий:

1) второй член уравнения равен 0, если $TT \leq 49$;
2) последнее слагаемое в формуле будет равно нулю, если не выполняется любое из следующих условий:

- dd_{850} в диапазоне от 130 до 250°;
- dd_{500} в диапазоне от 210 до 310°;
- разность в направлении ветра ($dd_{500} - dd_{850}$) положительна;
- V_{850} и $V_{500} \leq 7$ м/с.

При индексе SWEAT менее 200 нет благоприятных условий для образования сильных конвективных явлений. При значениях от 200 до 300 могут наблюдаться сильные грозы, шквалы, град. При 301 – 400 могут образовываться очень сильные грозы и шквалы. А при значениях SWEAT больше 400 есть условия для образования смерчей.

В качестве исследуемого периода был выбран промежуток времени с 2000 по 2016 г. Информация о датах, когда наблюдались шквалы, была взята из базы данных [2]. За указанный период наблюдалось 54 случая шквалов, зафиксированных на метеостанциях и гидропостях. Расчеты индексов проводились по данным реанализа модели CFS (Climate Forecasting System). Это климатическая глобальная модель на базе NCEP (National Centers for Environmental Prediction, модель Национального центра прогнозирования состояния окружающей среды США). Данные предоставляются в коде GRIB2. Пространственный шаг сетки составлял 0,5°. Запуск модели производится в 0, 6, 12 и 18 ч всемирного согласованного времени (BCV). Между этими сроками строится почасовой прогноз. Обработка данных производилась с помощью программы OpenGrads.

Индексы CAPE, CIN, LI считаются непосредственно моделью, а остальные индексы рассчитываются по вышеуказанным формулам. Индексы были определены для всего промежутка времени, в течение которого наблюдалось опасное явление. Время прохождения шквала определялось либо по архивным данным метеорологической наблюдательной сети, либо (там, где нет архивов) по данным МРЛ.

Результаты и их обсуждение

Наибольшие (а для индекса LI наименьшие) значения индексов CAPE, CIN, SWEAT, K наблюдаются в июле, а индекса TT – в мае.

По значениям индекса CAPE большинство случаев шквалов наблюдалось при слабонеустойчивой атмосфере. Для достижения 80% оправдываемости необходимо установить критическое значение индекса, равное 400 Дж/кг.

Анализ индекса CIN показал, что большинство шквалов образовалось при наличии в атмосфере задерживающего слоя (слабоустойчивая атмосфера). Причем он должен быть такой мощности, чтобы не прекратить конвекцию, а способствовать ее взрывному характеру. При значении CIN –50 Дж/кг оправдываемость равна 80%.

Чуть больше половины случаев шквалов наблюдались при значениях индекса LI, которые соответствуют умеренно неустойчивой атмосфере. Оправдываемость для этой градации ($-2 \div -6^\circ\text{C}$) составляет 74%. Чтобы ее повысить, необходимо установить крайнее значение, равное -1°C . Так же стоит отметить, что шквалы наблюдались при слабоустойчивой атмосфере ($0 \div -3^\circ\text{C}$).

Практически все значения индексов TT и K соответствуют умеренно и сильно неустойчивой атмосфере. При использовании критерия сильно неустойчивой атмосферы оправдываемость индексов составила 70 и 46% соответственно. Поэтому необходимо снизить значения, при которых возможны шквалы до 47°C для индекса TT и до 28°C для индекса K.

Большая часть случаев со шквалами наблюдалась, когда согласно индексу SWEAT складывались условия для образования сильных и очень сильных гроз, шквалов и града. Оправдываемость в таком случае составляет 74%. Для более высокой оправдываемости необходимо снизить критерий до 175.

В распределении значений всех индексов по Пермскому краю, в особенности CIN и K, отмечается меридиональный характер (рис. 1,2).

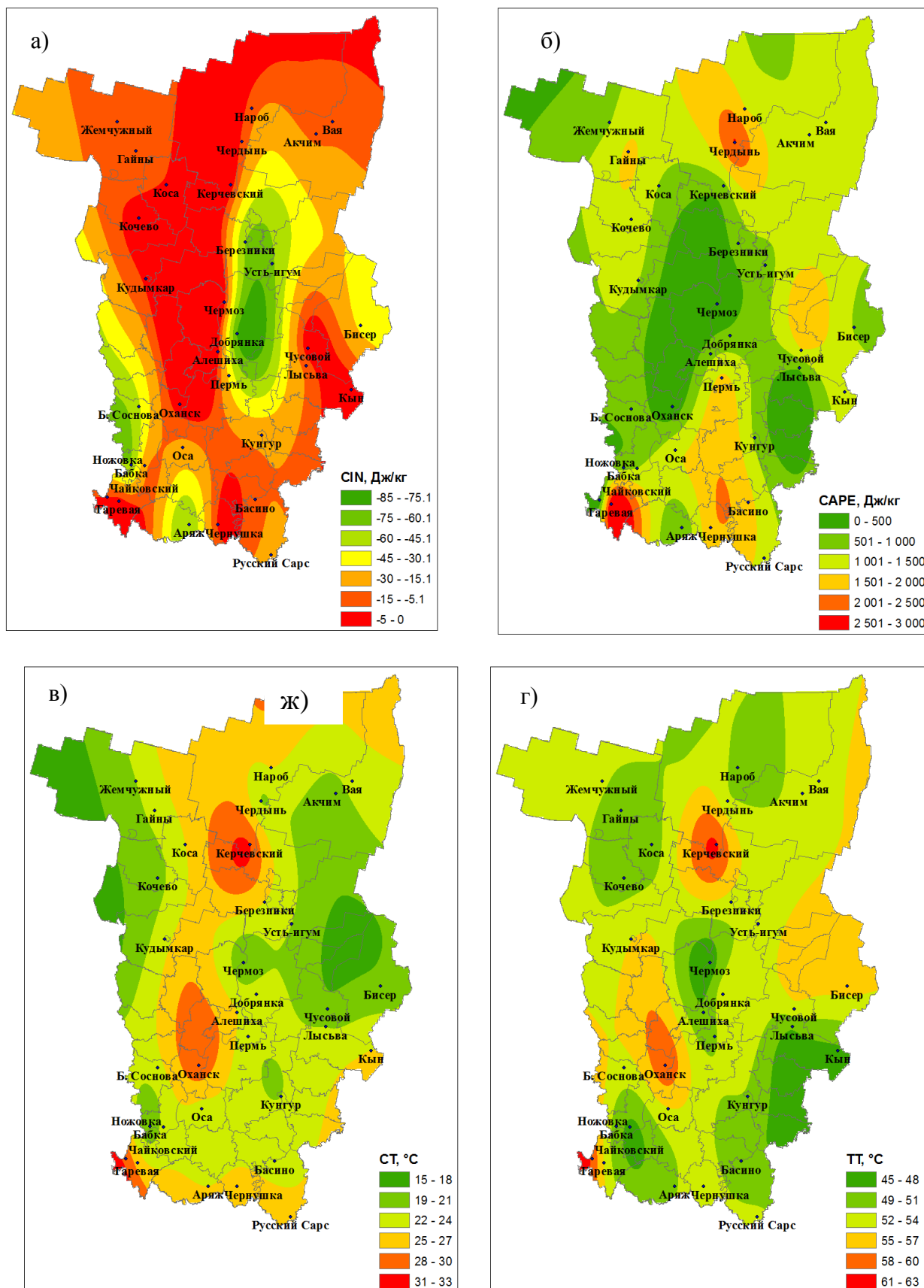


Рис. 1 Карты распределения значений индексов по Пермскому краю:
а – CIN; б – CAPE; в – CT; г – TT.

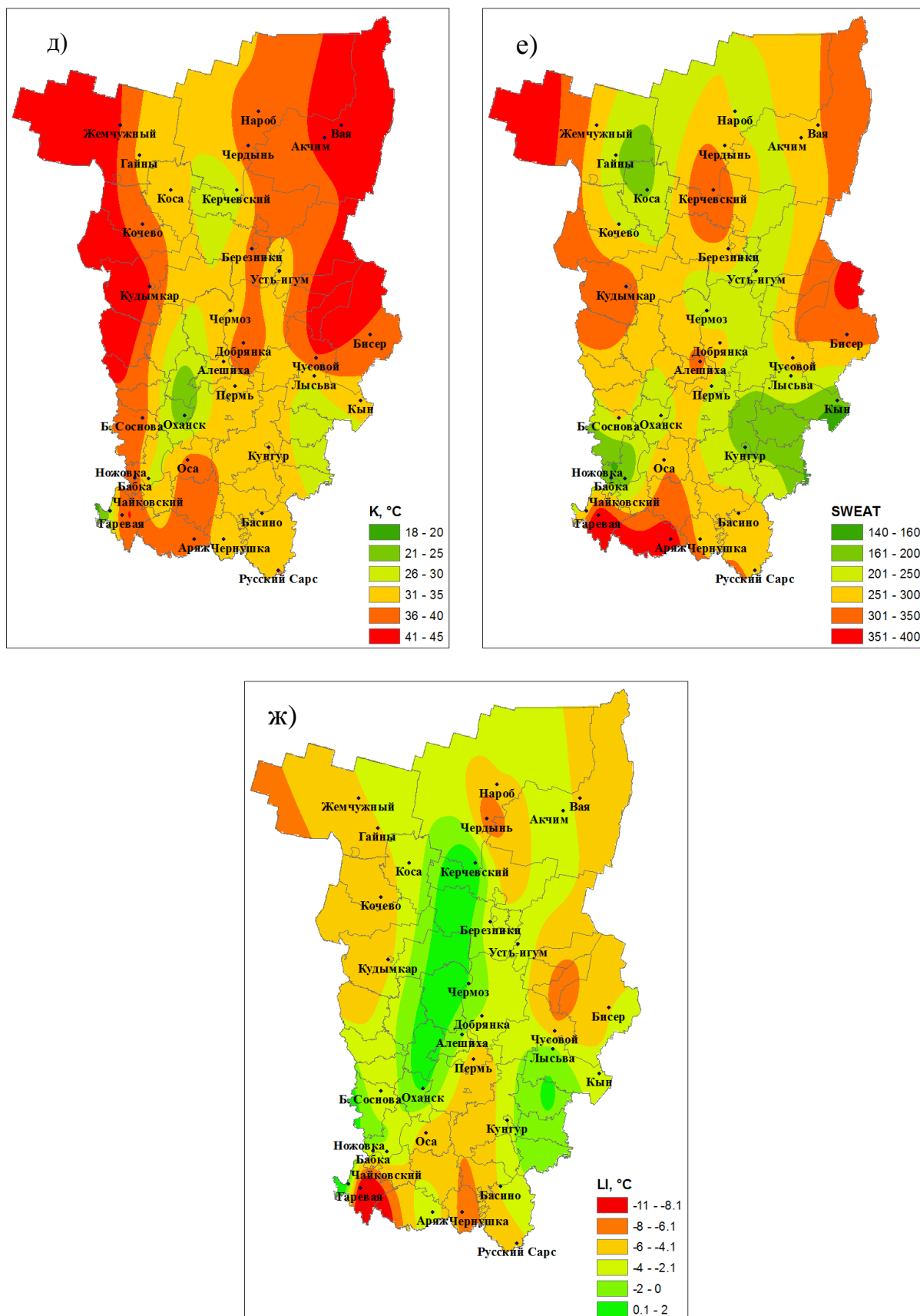


Рис. 2 Карты распределения значений индексов по Пермскому краю:
д – K; е – SWEAT; ж – LI.

Библиографический список

1. *Алексеева А.А.* Метод прогноза сильных шквалов // Метеорология и гидрология. 2014. №9. С. 5–15.
2. *База данных опасных явлений Пермского края.* URL: <http://map.psu.ru/search.aspx> (дата обращения: 15.10.2016).
3. *Быков А.В., Ветров А.Л., Калинин Н.А.* Прогноз опасных конвективных явлений в Пермском крае с использованием глобальных прогностических моделей // Тр. Гидрометцентра России. 2017. Вып. 363. С. 101–119.
4. *Васильев Е.В., Алексеева А.А., Песков Б.Е.* Условия возникновения и краткосрочный прогноз сильных шквалов // Метеорология и гидрология. 2009. №1. С. 5–15.
5. *Ветров А.Л., Шихов А.Н.* Исследование условий развития и оценка последствий сильных шквалов в Прикамье 18 июля 2012 года // Вестник Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2013. №6–2. С. 89–99.
6. *Дмитриева Т.Г., Песков Б.Е.* Численный прогноз с мезосиноптическим уточнением двух случаев особо сильных шквалов на Европейской части России летом 2010 г. // Метеорология и гидрология. 2013. № 2. С. 18–30.
7. *Калинин Н.А.* Мониторинг, моделирование и прогноз состояния атмосферы в умеренных широтах. Пермь, 2015. 308 с.
8. *Канухина А.Ю.* Исследование возможности прогноза конвективных явлений с помощью индексов конвекции, рассчитанных по результатам численной мезомасштабной модели // Уч. зап. Рос. гос. гидромет. ун-та. 2006. №2. С. 86–94.
9. *Константинова Д.А., Горбатенко В.П.* Условия образования шквала над юго-восточной территорией Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2010. №337. С. 189–193.
10. *Новицкий М.А., Шмерлин Б.Я. и др.* Использование индексов конвективной неустойчивости и метеорологических величин для анализа смерчопасной ситуации в Обнинске 23 мая 2013 г. // Метеорология и гидрология. 2015. №2. С. 5–16.
11. *Переходцева Э.В.* Гидродинамико-статистический метод прогноза шквалов и очень сильного ветра в градации опасных явлений в летний период с заблаговременностью 12–36 ч по выходным данным региональной модели для Европейской территории России // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. 2013. №40. С. 170–181.
12. *Переходцева Э.В.* Модель гидродинамико-статистического прогноза с заблаговременностью 12–48 ч сильных шквалов и смерчей по территории Сибири // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. №1. С. 263–270.
13. *Песков Б.Е., Снитковский А.И.* Термодинамические условия образования шквалов различной силы в центральной части европейской территории СССР // Тр. Гидрометцентра СССР. 1968. Вып. 35. С. 69–79.
14. *Решетов Г.Д., Чернова В.Ф.* Способ прогнозирования шквалов на 12–24 ч // Метеорология и гидрология. 1975. №3. С. 15–24.
15. *Руководство по краткосрочным прогнозам погоды.* Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1986. С. 527–536.
16. *Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации.* Л.: Гидрометеиздат, 1985. 304 с.
17. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И.* Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 568 с.
18. *Черногубова Ю.Я.* Возникновение опасных конвективных явлений погоды на территории Центрально-Черноземного УГМС и их прогнозирование // Тр. Гидрометцентра России. 2015. Вып. 357. С. 125–145.
19. *Юсупов Ю.И.* Метод прогноза шквалов с использованием термодинамических параметров атмосферы и потенциального вихря Эртеля // Метеорология и гидрология. 2013. №11. С. 55–63.
20. *Doswell, C. A., D. M. Schultz.* On the use of indices and parameters in forecasting severe storms // Electronic J. Severe Storms Meteor. 2006. Vol.1(3), P. 1–22.
21. *George. J.J.* Weather Forecasting for Aeronautics // New York and London Academic Press. 1960. 673 p.
22. *Gracier J.* Convection Parameters. URL: <http://www.juergen-grieser.de/CovectionParameters/ConvectionParameters.pdf> (дата обращения: 20.01.2017).

23. Holton J.R. An introduction to dynamic meteorology // Elsevier Academic Press. 2004. P. 290–304.

24. Matsangouras, I.T., Pytharoulis, I., Nastos, P.T. Numerical modeling and analysis of the effect of complex Greek topography on tornadogenesis // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2014. Vol. 14. P. 1905–1919.

25. Miller R.C. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Center // Tech. Report No 200. Scott AFB. Illinois. 1972. 190 p.

References

1. Alekseeva, A.A. (2014), "Method of the forecast of strong squalls", *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 9, pp. 5–15.

2. "Database of the Perm region hazards", in available at: <http://map.psu.ru/search.aspx> (Accessed 15.10.2016).

3. Bykov, A.V., Vetrov, A. L., Kalinin, N.A. (2017), The forecast of the dangerous convective phenomena in Perm Krai with use of global prognostic models. Works of Hydrometeorological center of Russia. Issue 363. Page 101–119.

4. Vasil'ev, E.V., Alekseeva, A.A., Peskov, B.E. (2009), "Origin conditions and short-range forecast of strong squalls", *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 1, pp. 5–15.

5. Vetrov, A.L. and Shihov, A.N. (2013), "Study of evolution conditions for severe gusts in the Kama region on July 18, 2012, and estimation of their effect", *Bulletin of Udmurt University. Series: Biology & Earth Sciences*, no. 6–2, pp. 89–99.

6. Dmitrieva, T.G. and Peskov, B.E. (2013), "Numerical forecast with the mesosynoptic specification of extremely severe squalls in the European part of Russia (case study for June 13 and July 29, 2010)", *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 2, pp. 18–30.

7. Kalinin, N.A. (2015), *Monitiring, modelirovanie i prognoz sostoyaniya atmosfery v umerennykh shirotakh* [Monitoring, modeling and forecast of the state of atmosphere in midlatitudes]. Perm State University, Perm, Russia.

8. Kanukhina, A.Yu. (2006), "The study of the possibility of predicting convective phenomena using convection indices, calculated according to the results of a numerical mesoscale model", *Uchenye zapiski RGGMU*, no. 2, pp 86–94.

9. Konstantinova, D.A. and Gorbatenko, V.P. (2010), "Conditions of squall formation in the south-eastern territory of Western Siberia", *Tomsk State University Journal*, no. 337, pp. 189–193.

10. Navitskij, M.A. and Shmerlin, B.Ya. and etc. (2015), "The use of convective instability indices and meteorological values for the analysis of the tornado threat situation in the Obninsk on May 23, 2013", *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 2, pp. 5–6.

11. Perekhodtseva, E.V. (2013), "A hydrodynamic-statistical technique for forecasting squalls and fresh gale within gradation of dangerous phenomena during the summer period with advance time of 12-36 hours according to output data from the regional model for the European part of Russia", *Results of testing new and improved technologies, models and methods of hydrometeorological forecasting*, no. 40, pp. 170–181.

12. Perekhodtseva, E.V. (2011), "A model of hydrodynamic-statistical forecasting severe squalls and tornadoes for the territory of Siberia with advance time of 12-48 hours", *Current problems in remote sensing of the Earth from space*, vol. 8, no. 1, pp. 263–270.

13. Peskov, B. E. and Snitkovsky, A.I. (1968), "Thermodynamic conditions for formation of squalls of different force in the central part of the European territory of the USSR", *Proceedings of the Hydrometeorological center of the USSR*, issue 35, pp. 69–79.

14. Reshetov, G. D. and Chernova, V. F. (1975), "A method for predicting squalls for 12-24 h", *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 3, pp. 15–24.

15. "Manual on short-term weather forecasts". (1986), Pt.1. Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR, pp. 527–536.

16. "Manual on predicting weather conditions for aviation". (1985), Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.

17. Khromov, S.P. and Mamontova, L.I. (1974), *Meteorologicheskij slovar* [Meteorological dictionary], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.

18. Chernogubova, Yu.Ya. (2015), "Dangerous convective weather phenomena in the territory of the Weather Control and Environmental Monitoring Service for the Central Black Earth Region: formation and forecasting", *Proceedings of the Hydrometeorological research center of the Russian Federation*, issue 357, pp. 125–145.

19. Yusupov Yu.I. (2013), "A method of forecasting squalls with the use of thermodynamic parameters of the atmosphere and Ertel potential vorticity", *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 11, pp. 55–63.
20. Doswell, C.A. and Schultz, D.M. (2006), "On the use of indices and parameters in forecasting severe storms". *Electronic J. Severe Storms Meteor*, Vol.1(3), P. 1–22.
21. *George. J.J.* Weather Forecasting for Aeronautics // New York and London Academic Press. 1960. 673 p.
22. Gracier, J. "Convection Parameters", in available at: <http://www.juergen-grieser.de/CovectionParameters/ConvectionParameters.pdf> (Accessed 20.01.2017).
23. Holton J.R. (2004), An introduction to dynamic meteorology, *Elsevier Academic Press*. pp. 290–304.
24. Matsangouras, I.T., Pytharoulis, I. and Nastos, P.T. (2014), "Numerical modeling and analysis of the effect of complex Greek topography on tornadogenesis" *Natural Hazards and Earth System Sciences*,. Vol. 14. P. 1905–1919.
25. *Miller R.C.* Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Center // Tech. Report No 200. Scott AFB. Illinois. 1972. 190 p.

Поступила в редакцию: 04.10.2017

Сведения об авторах

Сивков Богдан Алексеевич

аспирант кафедры метеорологии и охраны атмосферы, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: sivckovbogdan@yandex.ru

About the authors

Bogdan A. Sivkov

Postgraduate Student, Department of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

Калинин Николай Александрович

доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и охраны атмосферы, Пермской государственной национальный исследовательский университет; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15;

e-mail: kalinin@psu.ru

Nikolay A. Kalinin

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Сивков Б.А., Калинин Н.А. Определение значений критериев индексов неустойчивости при шквалах для территории Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. №1(44). С.105–113. doi 10.17072/2079-7877-2018-1-105-113

Please cite this article in English as:

Sivkov B.A., Kalinin N.A. Determination of the values of the criteria for instability indices for squalls in the Perm region // Geographical bulletin. 2018. №1(44). P. 105–113. doi 10.17072/2079-7877-2018-1-105-113