

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-2-66-76>

УДК 551.582

Анализ выхода южных циклонов на территорию Республики Башкортостан

О.В. Волобуева, О.Н. Топтунова, Я.В. Дробжева

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
ovvolobueva@ramble, olgakolp@yandex.ru*

Представлены результаты анализа выхода южных циклонов на территорию Республики Башкортостан за период 1993–2018 гг. Выявлены типовые траектории циклонов, территории их зарождения, а также сопутствующие неблагоприятные явления погоды по данным наблюдательной сети ФГБУ «Башкирское УГМС». В 70 % случаев южные циклоны смещаются через территорию республики и покидают ее в северо-восточном направлении. Около 50 % барических депрессий приходит на территорию Республики Башкортостан с районов Черного моря и его побережья. Высотное поле для выхода южных циклонов – передняя часть барической ложбины со значительными градиентами геопотенциала. Выходы южных циклонов оказывают значительное влияние на указанную территорию и тесно связаны с формированием опасных гидрометеорологических явлений.

Ключевые слова: южный циклон, характерные территории, Республика Башкортостан

Analysis of the arrival of southern cyclones to the Republic of Bashkortostan

O.V. Volobueva, O.N. Toptunova, Y.V. Drobzheva

*Russian State Hydrometeorological University,
Saint Petersburg, Russia
ovvolobueva@ramble, olgakolp@yandex.ru*

The results of the analysis of the arrival of southern cyclones to the territory of the Republic of Bashkortostan for the period of 1993-2018 are presented. Typical trajectories of cyclones, areas of their origin, as well as accompanying adverse weather phenomena are identified according to the observational network of the Bashkir Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. In 70 % of cases, southern cyclones move through the territory of the republic and leave it in the north-east direction. About 50 % of the depressions come to the Republic of Bashkortostan from the Black Sea and its coast. The upper-air field for the arrival of southern cyclones is the front part of the pressure trough with high geopotential height gradients. The arrivals of southern cyclones have a significant impact on the study area and are closely related to the formation of severe hydrometeorological events.

Keywords: southern cyclone, typical territories, the Republic of Bashkortostan

Введение

Циклоны являются важнейшим звеном крупномасштабной и региональной атмосферной циркуляции, отвечают за транспортировку тепла и влаги. Интенсивная циклоническая деятельность тесно связана с формированием опасных гидрометеорологических явлений: сильных ветров, ливней, метелей, наводнений и пр. [1, 2]. Кроме того, особенный интерес представляют изменения в циклонических режимах в условиях меняющегося климата [3]. Изменения в повторяемости и характеристиках циклонов влекут за собой перераспределение всех метеорологических величин. Именно поэтому анализ циклонической деятельности – важная задача, которая может решаться как численным способом [4], так и синоптико-статистическим. В данной работе выходы так называемых южных циклонов исследованы именно синоптико-статистическим способом.

Исходные данные и методы расчета

Исследование проводилось за период с 1993 по 2018 год. Данные получены с помощью карт ЕСП (Естественный Синоптический Период), карт АТ-500 и приземных. На приземной карте фиксировались данные давления в центре циклона, а также направление их перемещения. По карте АТ-500 определялась стадия развития барических образований, а также направление ведущего потока. При отсутствии высотных карт для анализа барического поля привлекались данные реанализа ERA-5 с разрешением $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ [<https://cds.climate.copernicus.eu/>].

Для анализа явлений погоды, наблюдаемых в связи с выходами южных циклонов на территорию Республики Башкортостан, были выбраны пять метеорологических станций: по две на юге (Зилаир, Акъяр) и севере республики (Янаул, Дуван) и одна в центральной части (Уфа-Дема). Период исследования: с 2004 по 2018 год.

Анализ южных циклонов, выходящих на территорию Республики Башкортостан

Южными циклонами называют такие барические депрессии, которые смещаются из более южных широт. Часто они возникают после завершения такого процесса, как меридиональное макроциркуляционное преобразование и формирование благоприятного для циклогенеза термобарического поля [5]. Участок зарождения южного циклона и его дальнейшая траектория зависят от конкретной географической локализации высотной ложбины. Возникновение происходит у основания высотной ложбины под ее передней частью, где отмечаются большие горизонтальные градиенты температуры.

Типовое высотное поле, при котором происходит образование южных циклонов и выход их на территорию Республики Башкортостан, приведено на рис. 1. При этом территория республики находится в передней

части высотной ложбины. На рисунке кругом отмечена исследуемая территория – Республика Башкортостан.

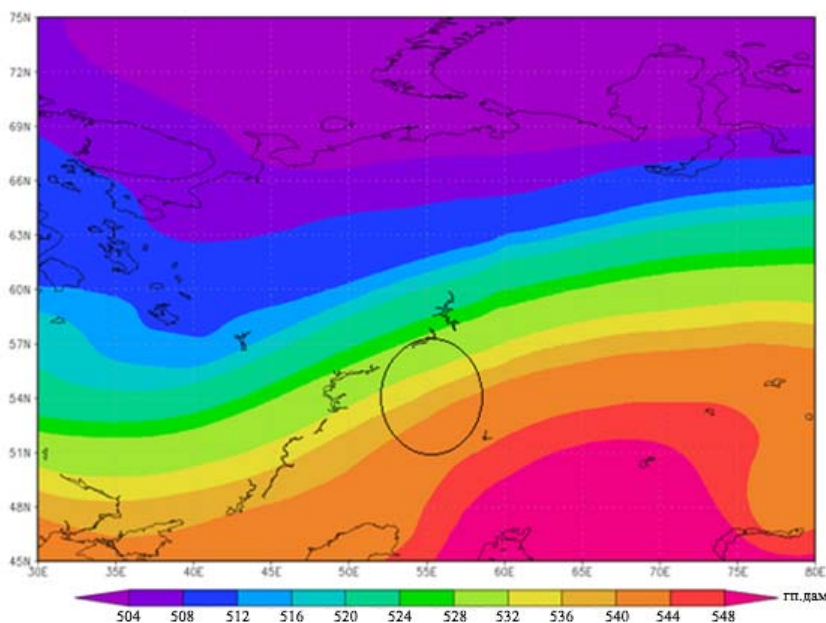


Рис. 1. Типичное поле АТ-500, характерное для выхода южных циклонов.
Fig. 1. Typical AT-500 field, typical for the exit of southern cyclones.

Ниже представлен сформированный архив случаев вторжения южных циклонов на исследуемую территорию за период с 1993 по 2018 год (табл. 1), а также места их зарождения.

Таблица 1. Даты образования южных циклонов и продолжительность их перемещения до территории Республики Башкортостан
Table 1. Dates of formation of southern cyclones and the duration of their movement to the territory of the Republic of Bashkortostan

Год	Дата	Продолжительность, дни	Год	Дата	Продолжительность, дни
1993	30.01	1	1995	14.11	1
1993	25.06	2	1996	9.06	3
1993	29-30.06	2	1996	29-30.12	2
1993	11-12.09	1	1997	28.05	2
1993	15.09	2	1998	11.04	2
1994	30.09	3	2000	23.12	3
1995	6 ноября	1	2002	3-4.10	1,5

Год	Дата	Продолжительность, дни	Год	Дата	Продолжительность, дни
2002	12.09	3	2010	1.12	3
2003	2-3.02	1,5	2012	6.03	7
2004	3.05	2	2014	11.08	5
2004	17-18.05	2,5	2016	21.03	2
2004	17-18.11	1,5	2016	28.03	3
2006	10.03	2	2017	30.03	3
2007	6.01	3	2017	11-12.05	2,5
2008	29-30.07	1,5	2017	22.05	1

Географически формирование южных циклонов было отнесено к следующим пяти морям: Средиземное, Адриатическое, Черное, Каспийское и Аральское (табл. 2).

Таблица 2. Районы зарождения южных циклонов, перемещающихся на территорию Республики Башкортостан

Table 2. Areas of origin of southern cyclones moving to the territory of the Republic of Bashkortostan

Территория зарождения	Средиземное море	Адриатическое море	Черное море	Каспийское море	Аральское море
Над морем	3	1	9	6	1
На побережье	2	1	6	1	0
Итого	5	2	15	7	1

Максимальное количество зарождений циклонов (50 %) было над Черным морем и над его побережьем (15). Можно выделить циклоны, зародившиеся над Средиземным, Адриатическим и Черным морями, которые приходят в республику с юго-западного направления, и циклоны, продвигающиеся с южного направления, т. е. с Каспийского и Аральского морей.

С выходом южных циклонов на станциях наблюдались такие опасные явления, как усиление ветра, сильные осадки, гололед, метели, грозы и град (табл. 3).

Так, например, в исследуемых случаях наибольшее количество осадков выпало в 2004 г. (17–18.11), в 2010, 2014 и в 2017 гг. (11–12.05, 22.05).

Максимальное значение количества осадков (28 мм) зафиксировано 22 мая 2017 года. В этот день по другим станциям республики отмечались

сильные осадки до 34 мм. Максимальное значение скорости ветра (21 м/с) наблюдалось при выходе южного циклона на территорию республики 17–18 ноября 2004 года.

Таблица 3. Опасные и неблагоприятные гидрометеорологические явления по данным метеорологических станций Республики Башкортостан в период прохождения южных циклонов

Table 3. Dangerous and unfavorable hydrometeorological phenomena according to the data of meteorological stations of the Republic of Bashkortostan during the passage of southern cyclones

Зима			
Дата	Осадки, мм/12 час	Ветер, м/с	Явления погоды (пункт наблюдений)
01.12.2010	Дуван (9), Акъяр (10,4)	Зилаир (15), Акъяр (18)	Сильный снег (Янаул, Дуван) метель (Зилаир); гололед (Акъяр)
Весна			
03.05.2004	Янаул (15), Зилаир (13)	Уфа (14), Акъяр (19)	Сильный дождь (Янаул); гроза, град (Дуван, Зилаир)
17-18.05.2004		Дуван (19), Уфа (16)	
10.03.2006	Дуван (9), Уфа (9)		Гололед (Дуван, Уфа); сильный снег (Уфа)
11-12.05.2017	Янаул (7), Дуван (17)	Дуван (13), Уфа (13), Акъяр (14)	Сильный дождь, гроза (Дуван)
22.05.2017	Янаул (14), Дуван (28)		Сильный дождь (Дуван); гроза (Уфа, Зилаир)
30.03.2017	Уфа (6,4)	Уфа (14)	Отложения мокрого снега (Уфа)
Лето			
29-30.07.2008		Акъяр (14)	Гроза (Уфа, Зилаир, Акъяр)
11.08.2014	Янаул (13), Уфа (8,9)	Акъяр (14)	Гроза (Янаул, Дуван, Уфа)
Осень			
17-18.11.2004	Янаул (10), Уфа (9)	Дуван (21), Уфа (16)	

Для более подробного анализа передвижения южных циклонов на территорию республики выбраны три преобладающих типа трекинга:

1) так называемые «Северные ворота». Циклон, проходя через всю территорию, покидает ее в северо-восточной части республики. «Северные ворота» – термин, используемый синоптиками Башкирского УГМС;

2) стационарирование и заполнение на территории республики;

3) перемещение циклона вдоль Уральских гор на север.

Все три варианта перемещений представлены на рис. 2.

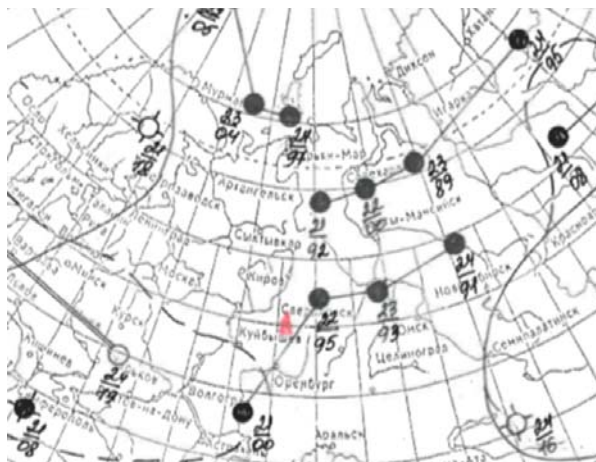


Рис. 2. Перемещение циклонов после попадания на территорию Республики Башкортостан: 1 – «Северные ворота»; 2 - заполнение циклона на территории республики; 3 – перемещение циклона вдоль Уральских гор на север).

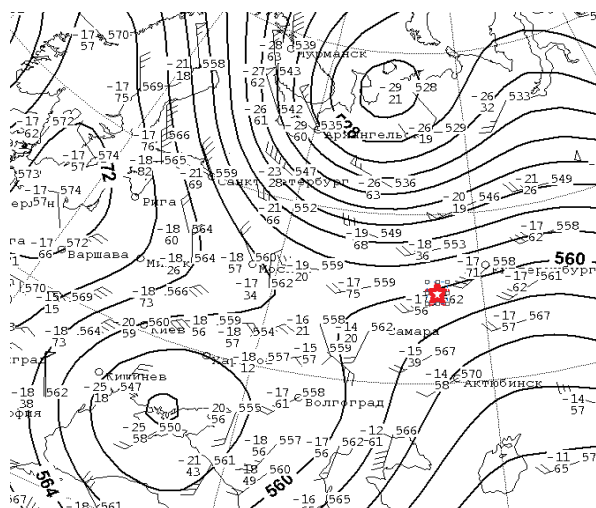
Fig. 2. Movement of cyclones after entering the territory of the Republic of Bashkortostan: 1 – "Northern Gate"; 2 – filling the cyclone on the territory of the republic; 3 – movement of the cyclone along the Ural Mountains to the north).

Важно отметить, что траектории прохождения циклонов по территории республики определяются не только преобладающими направлениями воздушного потока, но и наличием Уральских гор, вытянутых в меридиональном направлении на востоке республики. Горы препятствуют западному переносу воздушных масс, и барические образования вынуждены или оставаться на территории республики, постепенно заполняясь (тип 2), или искать выход, обходя южную или северную оконечность Уральских гор. Стоит отметить, что одним из типов трекинга до 90-х годов являлась так называемая траектория «Южных ворот», когда циклоны, двигаясь в широтном направлении, заходя на территорию республики с юго-запада, покидали ее в северо-восточном или восточном направлении, огибая Уральские горы с юга. Однако в период с 1993 по 2018 г. не было ни одного случая таких перемещений, хотя в предыдущие годы (по записям синоптиков Гидрометцентра Башкирского УГМС) такие случаи встречались. Таким образом, можно утверждать, что усилился межширотный обмен, а процессы стали все более меридиональными.

На рис. 3 представлена типовая траектория перемещения южного циклона по территории республики через «Северные ворота».



а) сборно-кинematicкая приземная карта



б) карта AT-500 за 21.05.2017 00 ВСВ

Рис. 3. Траектория движения циклона (21-24.05.2017 г.) по территории Республики Башкортостан через «Северные ворота».

Fig. 3. The trajectory of the cyclone movement (21-24.05.2017 г.) through the territory of the Republic of Bashkortostan through the "Northern Gate".

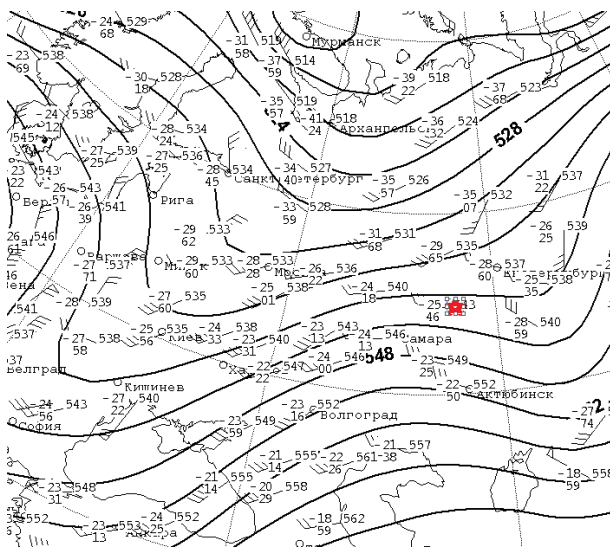
Из 30 рассмотренных случаев за исследуемый период в 21 случае, а это 70 %, перемещение циклонов происходило через «Северные ворота».

При таком типе трекинга происходит дальнейшее углубление циклона, давление в центре циклона падает приблизительно на 5 гПа и достигает значений 995 гПа. До республики циклон доходит в среднем за сутки.

Более редким типом трекинга (5 из 30, или 17 %) является стационарирование циклонов и заполнение на территории республики. На рис. 4 представлена типовая траектория таких циклонов. Изменение давления по второму типу происходит скачкообразным образом (рост, падение, рост) и давление меняется с 995 гПа (в стадии зарождения) до 1008 гПа (в стадии заполнения). До территории республики циклон смещается в среднем за 4 суток.



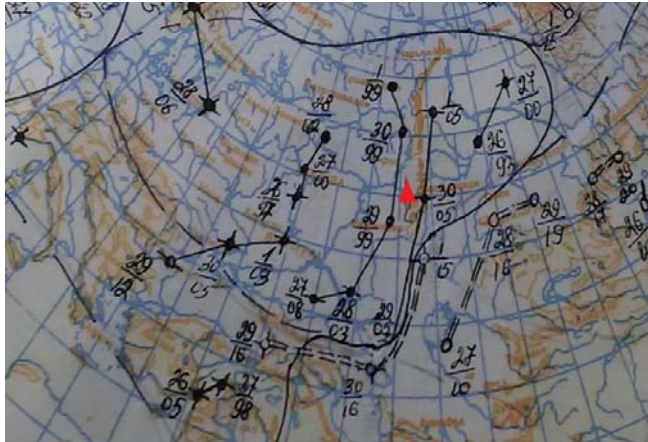
а) сборно-кинематическая приземная карта



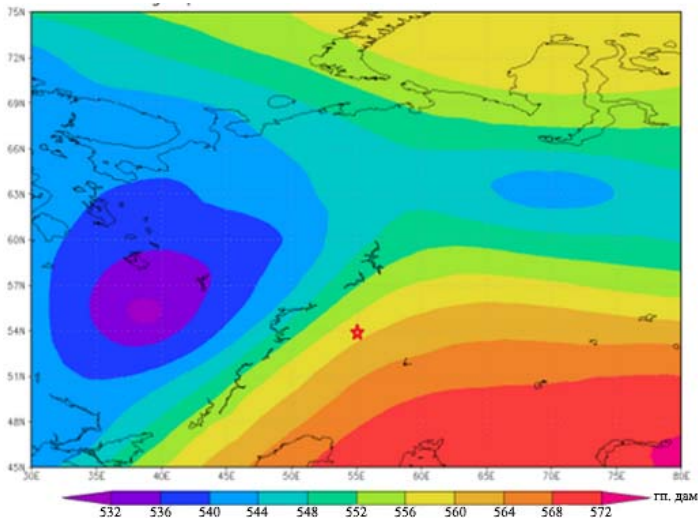
б) карта АТ-500 за 25.03.2016 00 ВСВ

Рис. 4. Траектория движения циклонов, заполняющихся на территории Республики Башкортостан (25-28.03.2016 г.).
Fig. 4. Trajectory of movement of cyclones filling in the territory of the Republic Bashkortostan (25-28.03.2016).

Третий установленный за период исследований тип трекинга – циклоны, смещающиеся вдоль Уральских гор. Таких случаев оказалось 4 из 30 (13 %). Уральские горы оказывают влияние на перемещение циклонов, расположенных в меридиональном направлении на восточной окраине республики. По 3 типу давление в центре циклона постепенно понижается, а в последние сутки, достигнув значения в центре 999 гПа, практически остается постоянным (рис. 5).



а) сборно-кинематическая приземная карта



б) карта АТ-500 за 27.06.1993 00 ВСВ

Рис. 5. Траектория движения циклона (26.06-1.07.1993 г.), прошедшего вдоль Уральских гор, при перемещении по территории Республики Башкортостан (26.06-1.07.1993 г.).

Fig. 5. The trajectory of the cyclone (26.06-1.07.1993 г.), which passed along the Ural Mountains, while moving through the territory of the Republic Bashkortostan.

Если говорить о сезонной повторяемости, то больше всего циклонов наблюдается весной (36 %) и осенью (27 %). Это объясняется тем, что в переходные периоды обостряются атмосферные процессы и происходит более частое и быстрое перемещения барических образований.

Заключение

Приблизительно в 70 % случаев южные циклоны смещаются через «Северные ворота», при этом в течение первых суток давление в центре циклона падает приблизительно на 5 гПа. Циклон покидает территорию республики в течение следующих суток. Около 17 % случаев приходится на заполняющиеся на территории республики южные циклоны. Оставшиеся 13 % составляют циклоны, смещающиеся вдоль Уральских гор.

Перемещения через «Южные ворота» за данный период исследований не наблюдалось. Таким образом, можно говорить об усилении межширотного обмена и тенденции на увеличение меридиональных процессов.

Большинство южных циклонов образуется в переходное время года, около 50 % барических депрессий приходит на территорию Республики Башкортостан с районов Черного моря и его побережья, около 23 % с районов Каспийского моря, реже циклоны выходят на республику с районов Средиземного, Адриатического и Аральского морей.

Наиболее благоприятное высотное поле для выхода южных циклонов – передняя часть высотной ложбины с высокими градиентами.

Исследование южных циклов, влияющих на синоптические процессы данного региона – важнейшая задача, стоящая перед прогнозистами, поскольку своевременный и точный прогноз траектории перемещения, времени прохождения через территорию республики позволяет своевременно предупредить пользователей гидрометеорологической информации: промышленные предприятия, энергетиков, дорожные службы и т. д. – все погодозависимые структуры экономики, а также органы власти. В республике расположено большое количество добывающих и перерабатывающих предприятий, заводов, аэропорт и разветвленная сеть автодорог, а также крупный железнодорожный транспортный узел.

Синоптики отдела метеорологических прогнозов Башкирского УГМС используют модельные прогнозы и схемы, такие как Рединг, BRACKNELL, GFS, COSMO, модель ПЛИАВ, и действительно учитывают их в оперативной работе при отслеживании перемещения южных циклонов. Но, например, при типе трекинга «Северные ворота» с момента зарождения циклон доходит до территории республики в среднем за сутки. Это слишком короткий интервал времени, и очень важно своевременно определить по какой траектории циклон будет перемещаться по территории республики. Задача анализа точности модельных прогнозов, связанных с южными циклонами, выходящими на исследуемую территорию, представляется не только очень интересной, но и достаточно масштабной,

требующей отдельного исследования, чем авторы статьи и предполагают заняться в ближайшее время. Результаты данного исследования в настоящее время в качестве дополнительного источника информации могут быть использованы синоптиками-прогнозистами в оперативной работе.

Список литературы

1. *Гороховская В.З., Волобуева О.В.* Сильные ветры и метели на территории Республики Башкортостан // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 7. С. 49-55.

2. *Ильин В.Г., Волобуева О.В., Гороховская В.З.* Опасные для отраслей экономики Республики Башкортостан явления погоды, обусловленные южными циклонами // *Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации*. Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 14-15 марта 2019 г. С. 88-89.

3. *Топтунова О.Н., Анискина О.Г.* Изменения циклонических режимов северного и южного полушарий в условиях меняющегося климата // *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 114 (10). С. 14-20.

4. *Топтунова О.Н.* Анализ циклонических режимов северного и южного полушарий: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб.: РГГМУ, 2016. 27 с.

5. *Хандожко Л.А.* Региональные синоптические процессы: Учебное пособие. Л.: Изд.-во ЛГМИ, 1988. 103 с.

References

1. *Goroholskaya V.Z., Volobueva O.V.* Sil'nye vetry i meteli na territorii Respubliki Bashkortostan. [Strong winds and blizzards in the territory of the Republic of Bashkortostan]. *Meteorologiya i Gidrologiya* [Russ. Meteorol. Hydrol.], 2006, no. 7, pp. 49-55. [in Russ.].

2. *Ilyin V.G.I., Volobueva O.V.I., Goroholskaya V.Z.* Opasnye dlja otraslej jekonomiki Respubliki Bashkortostan javlenija pogody, obuslovlennye juzhnyimi ciklonami [Weather phenomena caused by southern cyclones that are dangerous for industries of the Republic of Bashkortostan]. *Collection of abstracts of the All-Russian scientific and practical conference «Modern problems of hydrometeorology and sustainable development of the Russian Federation»* Saint Petersburg, 2019, pp. 88-89. [in Russ.].

3. *Toptunova O.N., Aniskina O.G.* Izmenenija ciklonicheskikh rezhimov severnogo i juzhnogo polusharij v uslovijah menjajushhegosja klimata [Changes in the cyclonic regimes of the northern and southern hemispheres in a changing climate]. *Science Magazine KSAU*, 2015, vol. 114, no. 10, pp. 14-20. [in Russ.].

4. *Toptunova O.N.* Analiz ciklonicheskikh rezhimov severnogo i juzhnogo polusharij [Analysis of cyclonic regimes in the northern and southern hemispheres]. Extended Abstract of dissertation of the Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Saint Petersburg, RGGMU, 2016, 27 p. [in Russ.].

5. *Handozhko L.A.* Regional'nye sinopticheskie processy [Regional synoptic processes]. L.LSHI publ. 1988. 103 p. [in Russ.].

*Поступила 21.04.2021; одобрена после рецензирования 25.05.2021;
принята в печать 21.06.2021.*

*Submitted 21.04.2021; approved after reviewing 25.05.2021;
accepted for publication 21.06.2021.*