

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-3-44-52>

УДК 551.513

Особенности формирования и эволюции полярного циклона в Баренцевом и Карском морях в декабре 2020 года

Е.С. Нестеров, В.Д. Жупанов, А.В. Федоренко

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия
nesterov@mecom.ru*

На основе информации глобальной системы усвоения данных GDAS исследуются условия формирования и эволюции полярного циклона в Баренцевом море в декабре 2020 г. Этот циклон интересен тем, что после выхода в Карское море он не ослабел как обычно, а, наоборот, интенсифицировался. Формирование циклона произошло вблизи ледовой кромки в условиях выноса холодного арктического воздуха. После выхода в Карское море циклон продолжал углубляться, чему способствовали потоки скрытого и явного тепла в свободной ото льда западной части моря. При дальнейшем перемещении циклона над сушей направление ветра, по данным гидрометеорологических станций, менялось с преимущественно южного на северное и существенно увеличивалась скорость ветра. Также отмечалось резкое понижение температуры воздуха на 7–10 °С в течение трех часов.

Ключевые слова: полярный циклон, глобальная система усвоения данных, скорость ветра, потоки скрытого и явного тепла

Features of formation and evolution of a polar cyclone in the Barents and Kara seas in December 2020

E.S. Nesterov, V.D. Zhupanov, A.V. Fedorenko

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation,
Moscow, Russia
nesterov@mecom.ru*

Based on the GDAS (Global Data Assimilation System) information, the conditions for the formation and evolution of a polar cyclone in the Barents Sea in December 2020 are studied. The cyclone is interesting because after entering the Kara Sea, the cyclone did not weaken as usual but continued to intensify. The formation of the cyclone occurred near the ice edge under conditions of the cold Arctic air outbreak. After entering the Kara Sea, the cyclone continued to deepen, which was facilitated by latent and sensible heat fluxes in the ice-free western part of the sea. According to weather station data, when the cyclone moved further over land, the wind direction changed from mainly southern to northern, and wind speed increased significantly. There also was a sharp decrease in air temperature by 7–10 °C for three hours.

Keywords: polar cyclone, global data assimilation system, wind speed, latent and sensible heat fluxes

Введение

Изучению полярных циклонов уделяется большое внимание, так как несмотря на относительно небольшие пространственные (сотни километров) и временные (от нескольких часов до нескольких дней) масштабы они могут создавать опасные условия, влияющие на прибрежную и морскую деятельность, такую как рыболовство, транспорт, добыча углеводородов и т. д. Для полярных циклонов характерны сильные порывы ветра, снегопад, обледенение судов и сооружений, ухудшение видимости, высокие волны и др. [2–4, 8].

Во многих работах показано, что наиболее часто полярные циклоны возникают в области кромки льда с большими градиентами различных гидрометеорологических характеристик. Другим важным условием их формирования являются выносы холодного арктического воздуха на относительно теплую поверхность моря [6]. Развитию полярных циклонов способствуют потоки скрытого и явного тепла на поверхности моря.

Наиболее часто характеристики полярных циклонов исследуются на основе реанализов. Однако из-за малых размеров и короткого времени жизни их воспроизведение в реанализах бывает неудовлетворительным [7]. В данной статье формирование и эволюция полярного циклона изучается на основе информации глобальной системы усвоения данных GDAS (Global Data Assimilation System), разработанной в Национальном центре по прогнозированию окружающей среды США (NCEP) [5]. GDAS имеет пространственное разрешение $0,25^\circ$ и дискретность по времени 6 часов, содержит информацию о более 100 параметрах, в том числе о температуре воздуха, скорости ветра, потоках явного и скрытого тепла, сплоченности льда и др.

Формирование и эволюция полярного циклона в Баренцевом море 15–17 декабря 2020 года

Полярный циклон в северо-восточной части Баренцева моря сформировался 15.12.2020 г. в области арктического фронта и был хорошо выражен в поле облачности (рис. 1).

Замкнутая область в поле приземного давления впервые была отмечена в этот день в 18 ч (рис. 2). Вертикальное развитие циклона происходило достаточно быстро, поскольку замкнутая область в полях геопотенциала H850 и H500 гПа появилась в 00 ч 16.12.2020 г. Анализ ледовой обстановки показал, что циклон сформировался вблизи от кромки льда, расположенной к северу от Новой Земли.

Формированию циклона предшествовало перемещение барической ложбины с северо-запада на восток Баренцева моря, при этом в ее передней части наблюдалось интенсивное падение атмосферного давления, достигающее 2–3 гПа за 3 часа. В тыловой части барической ложбины была хорошо выражена область пониженной температуры воздуха.

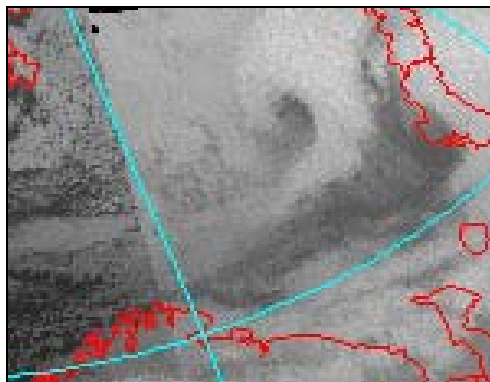


Рис. 1. Облачная система полярного циклона 15.12.2020 г.
Fig. 1. Cloud system of polar cyclone 15.12.2020.

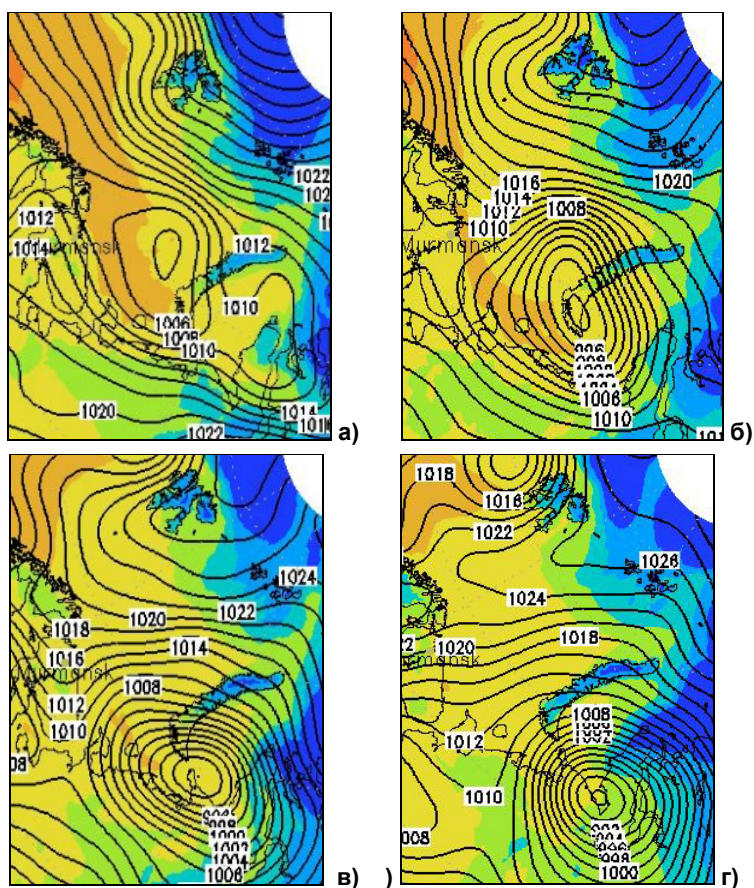


Рис. 2. Приземное давление (гПа): 12 ч 15.12.2020 г. (а);
 00 ч 16.12.2020 г. (б); 12 ч 16.12.2020 г. (в); 00 ч 17.12.2020 г. (г).
Fig. 2. Sea level pressure (hPa) 15.12.2020 12 h (а); G. 16.12.2020
 00 h (б); 16.12.2020 12h (в); 17.12.2020 00 h (г).

Информация GDAS также показывает, что формированию циклона предшествовал вынос холодного воздуха с севера. В период с 10 по 15 декабря направление ветра в рассматриваемом районе изменилось с преимущественно южного на северное, а температура воздуха понизилась с $-5-10^{\circ}\text{C}$ до $-10-20^{\circ}\text{C}$. Циклон перемещался в юго-восточном направлении, пересек Новую Землю, и его центр в 06 ч 17 декабря уже находился над южным побережьем Карского моря (рис. 2). Максимальная скорость ветра в области циклона составляла в основном 15–20 м/с, увеличиваясь иногда до 20–25 м/с (рис. 3).

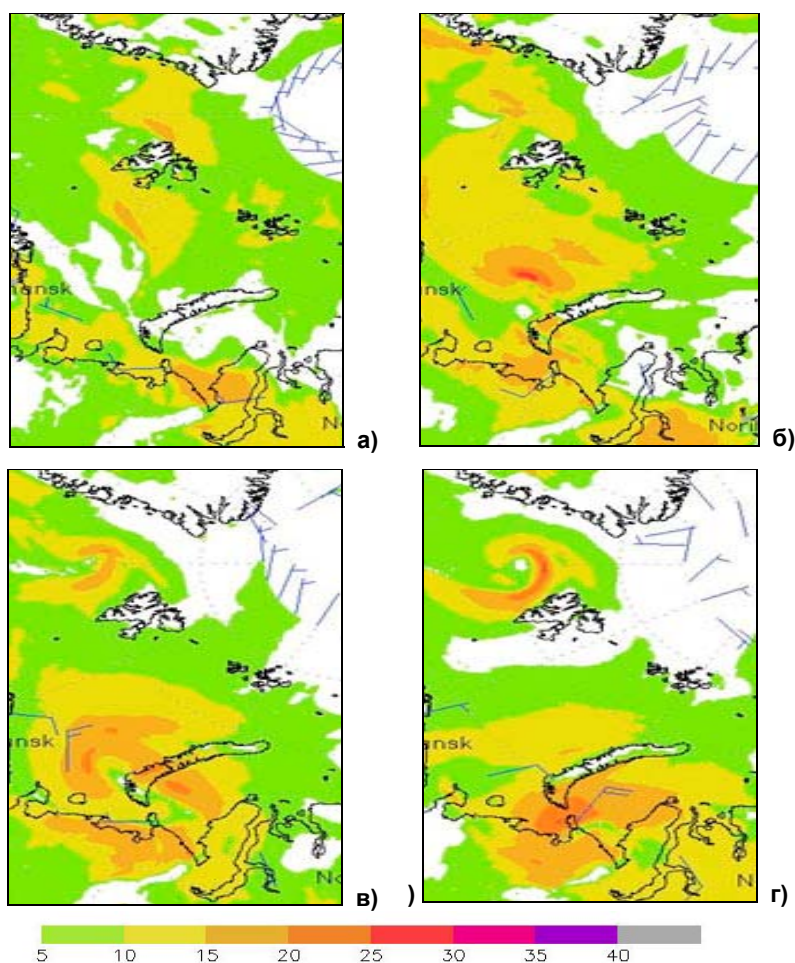


Рис. 3. Скорость приземного ветра (м/с): 12 ч 15.12.2020 г. (а); 00 ч 16.12.2020 г. (б); 12 ч 16.12.2020 г. (в); 00 ч 17.12.2020 г. (г).

Fig. 3. Wind speed (m/s): 15.12.2020 12 h (а); 16.12.2020 00 h (б); 16.12.2020 12h (в); 17.12.2020 00 h (г).

Распределение потоков скрытого и явного тепла отражает их роль в эволюции циклона. Если в южной части Баренцева моря 15 декабря потоки скрытого и явного тепла составляли $20\text{--}50\text{ Вт/м}^2$, то в северной части в районе формирования циклона они доходили до 150 Вт/м^2 (рис. 4а), т. е. способствовали интенсификации циклона. В Карском море потоки были незначительны ($20\text{--}50\text{ Вт/м}^2$). Ситуация изменилась после выхода циклона в Карское море 16 декабря, где произошло их резкое увеличение до $150\text{--}200\text{ Вт/м}^2$ (рис. 4, 5).

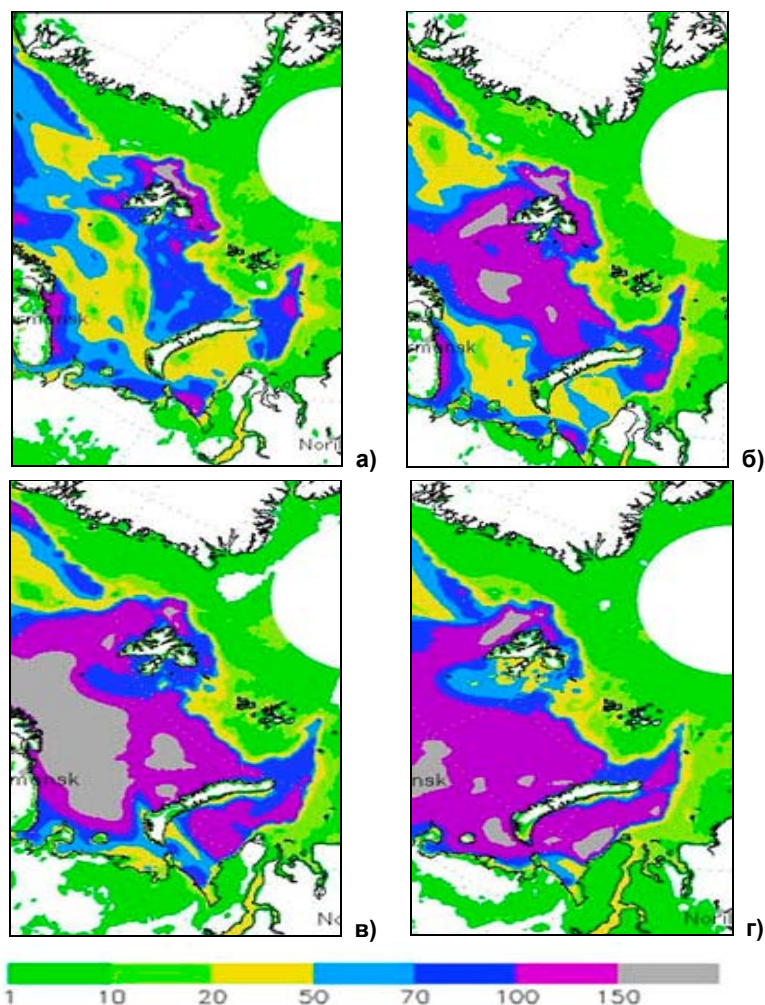


Рис. 4. Поток скрытого тепла (Вт/м^2): 12 ч 15.12.2020 г. (а); 00 ч 16.12.2020 г. (б); 12 ч 16.12.2020 г. (в); 00 ч 17.12.2020 г. (г).

Fig. 4. Latent heat flux (W/m^2): 15.12.2020 12 h (а); 16.12.2020 00 h (б); 16.12.2020 12h (в); 17.12.2020 00 h (г).

После выхода в Карское море циклон продолжал углубляться, хотя есть примеры значительного ослабления и затухания полярных циклонов в этом случае [2]. Если до выхода в Карское море давление в центре циклона составляло 1004 гПа, то при выходе на южное побережье моря оно понизилось до 990 гПа (рис. 2). Основная причина этого явления, по-видимому, состояла в том, что значительная часть Карского моря в этот период была свободна ото льда (рис. 6), что способствовало существенным потокам тепла из моря в атмосферу, которые поддерживали развитие циклона.

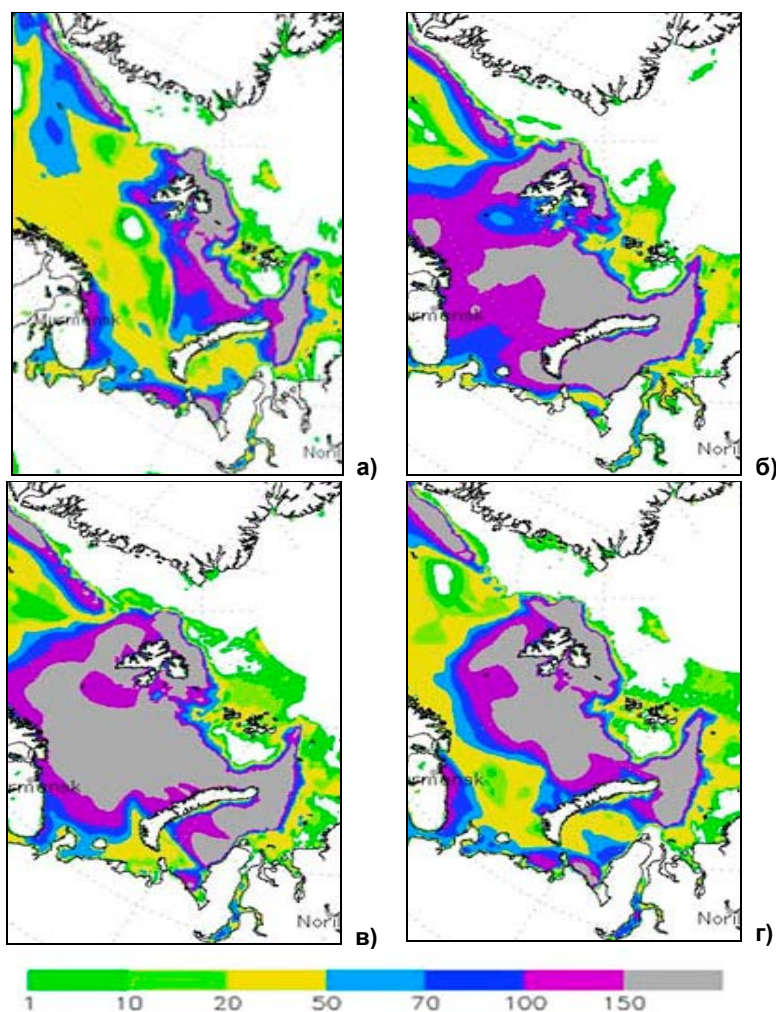


Рис. 5. Поток явного тепла ($Вт/м^2$): 12 ч 15.12.2020 г. (а); 00 ч 16.12.2020 г. (б); 12 ч 16.12.2020 г. (в); 00 ч 17.12.2020 г. (г).

Fig. 5. Sensible heat flux (W/m^2): 15.12.2020 12 h (a); 16.12.2020 00 h (б); 16.12.2020 12h (в); 17.12.2020 00 h (г).

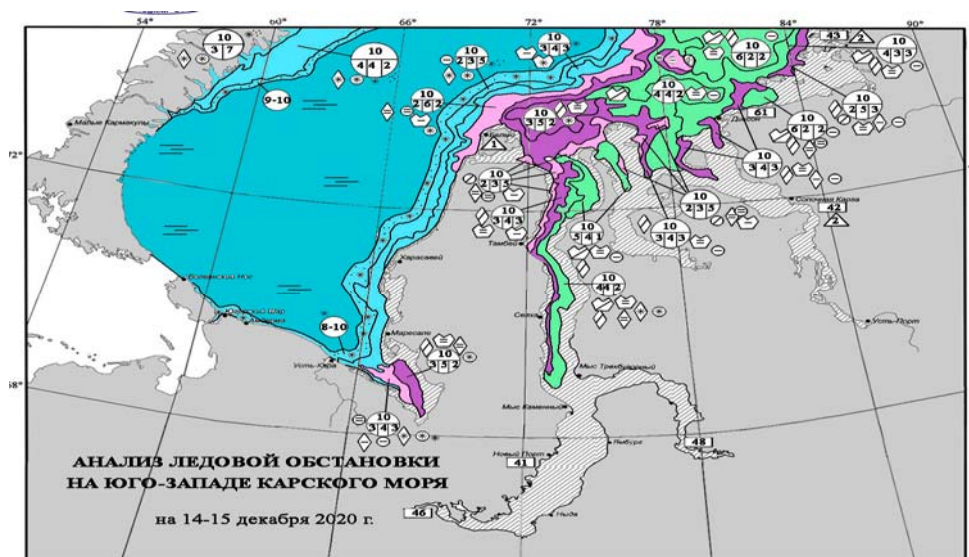


Рис. 6. Анализ ледовой обстановки на юго-западе Карского моря 14–15.12.2020 г.

Fig. 6. Analysis of the ice distribution in the south-west of the Kara Sea 14–15.12.2020.

Ледяной покров в юго-западной части моря зимой 2020/2021 гг. появился позднее обычного. Так, по наблюдениям в Амдерме за период 1934–2012 гг. средняя дата устойчивого появления льда – 6 ноября, а поздняя дата – 6 декабря [1]. Одной из причин позднего замерзания, по-видимому, явилась положительная аномалия температуры воды, сформировавшаяся в этом районе в летний период и сохранившаяся до декабря [https://climateresearcher.org/reanalysis/daily_maps/?dm_id=world-ced2&wm_id=sstanom]. Эти условия способствовали интенсификации циклона над Карским морем.

В зоне прохождения полярного циклона в Карском море 17–18.12.2020 г. по данным судовых наблюдений скорость ветра достигала 23 м/с, высота волн 3 м. Интересно проследить, как менялись метеорологические характеристики при выходе циклона на сушу. В таблице представлены характеристики поля ветра по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях при прохождении циклона. Циклон смещался с севера на юг, и станции в таблице расположены именно в такой последовательности. Прохождение циклона над районом станции характеризовалось сменой направления ветра с южной четверти на северную. Из таблицы видно, что перемещение циклона от северной станции (Мыс Болванский) до южной (Марресале) (примерно 400 км) заняло около 12 ч. После смены направления ветра происходило увеличение скорости ветра, в том числе в порывах.

Прохождение циклона характеризовалось также понижением температуры воздуха. Наиболее значительное похолодание отмечалось 17 декабря на станциях Усть-Кара (на 7,1 °С в течение 3 часов) и Марресале (на 10 °С в течение 3 часов).

Таблица. Характеристики поля ветра при прохождении полярного циклона
Table. Characteristics of the wind field during the passage of a polar cyclone

Станция	Дата изменения направления ветра	Скорость ветра до смены направления ветра	Скорость ветра после смены направления ветра
Мыс Болванский	17.12 (00 ч)	7–12 м/с, порывы до 19 м/с	14–21 м/с, порывы до 29 м/с
Амдерма	17.12 (03 ч)	3–16 м/с, порывы до 22 м/с	12–13 м/с, порывы до 27 м/с
Усть-Кара	17.12 (09 ч)	5–9 м/с, порывы до 16 м/с	12–13 м/с, порывы до 19 м/с
Марресале	17.12 (12 ч)	2–14 м/с, порывы до 19 м/с	16–17 м/с, порывы до 22 м/с

Заключение

На основе информации глобальной системы усвоения данных GDAS выполнен анализ формирования и эволюции полярного циклона в Баренцевом море в декабре 2020 года. Формирование циклона произошло в области арктического фронта вблизи ледовой кромки в условиях выноса холодного воздуха. Интенсификации циклона способствовали потоки скрытого и явного тепла из моря в атмосферу. После выхода в Карское море циклон продолжал углубляться, чему способствовали потоки скрытого и явного тепла в свободной ото льда юго-западной части моря.

Прохождение циклона над сушей нашло отражение в информации гидрометеорологических станций. По мере его продвижения на юг направление ветра менялось с преимущественно южного на северное и существенно увеличивалась скорость ветра, в том числе в порывах. Также отмечалось резкое понижение температуры воздуха на 7–10 °С в течение 3 часов.

Список литературы

1. Думанская И.О. Ледовые условия морей европейской части России. М.: ИГ-СОЦИН, 2014. 608 с.
2. Луценко Э.И., Лагун В.Е. Полярные мезомасштабные циклоны в атмосфере над Баренцевым и Карским морями // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 2 (96). С. 76-89.
3. Нестеров Е.С. Полярные циклоны: наблюдения, реанализ, моделирование // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 1 (375). С. 65-82.

4. Смирнова Ю.Е., Заболотских Е.В., Бобылев Л.П., Шапрон Б. Статистические характеристики полярных циклонов в морях Северо-Европейского бассейна по данным спутниковых микроволновых радиометров // Исследование Земли из космоса. 2016. № 3. С. 27-36.

5. Kleist D., Parish D., Derber J., Treadon L. et al. Introduction of the GSI into the NCEP Global Data Assimilation System // Weather and Forecasting. 2009. Vol. 24, no. 6. P. 1691-1705.

6. Kolstad E.W. Higher ocean wind speeds during marine cold air outbreaks // Quart. J. Roy. Met. Soc. 2017. Vol. 143, no. 706. P. 2084-2092.

7. Laffineur T., Claud C., Chaboureau J.-P., Noer G. Polar lows over the Nordic seas: improved representation in ERA-Interim compared to ERA-40 and the impact on downscaled simulations // Mon. Weath. Rev. 2014. Vol. 142. P. 2271-2289.

8. Rojo M., Claud C., Noer G., Carleton A.M. In situ measurements of surface winds, waves, and sea state in polar lows over the North Atlantic // J. Geophys. Res.: Atmospheres. 2019. Vol. 124. P. 700-718.

References

1. Dumanskaya I.O. Ledovye usloviya morey evropeyskoy chasti Rossii. Moscow, IG-SOCIN, 2014, 608 p. [in Russ.].

2. Lutsenko E.I., Lagun V.E. Polar meso-scale cyclones in the atmosphere over Barents and Kara seas. *Problemy Arktiki i Antarktiki [Arctic and Antarctic Research]*, 2013, vol. 96, no. 2, pp. 76-89 [in Russ.].

3. Nesterov E.S. Polar cyclones: observations, reanalysis, modeling. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy [Hydrometeorological Research and Forecasting]*, 2020, vol. 375, no. 1, pp. 65-82 [in Russ.].

4. Smirnova J.E., Zabolotskikh E.V., Bobylev L.P., Chapron B. Statistical Characteristics of Polar Lows in the Nordic Seas Using Satellite Passive Microwave Data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth research from space]*, 2016, no. 3, pp. 27-36 [in Russ.].

5. Kleist D., Parish D., Derber J., Treadon L. et al. Introduction of the GSI into the NCEP Global Data Assimilation System. *Weather and Forecasting*, 2009, vol. 24, no. 6, pp. 1691-1705.

6. Kolstad E.W. Higher ocean wind speeds during marine cold air outbreaks. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 2017, vol. 143, no. 706, pp. 2084-2092.

7. Laffineur T., Claud C., Chaboureau J.-P., Noer G. Polar lows over the Nordic seas: improved representation in ERA-Interim compared to ERA-40 and the impact on downscaled simulations. *Mon. Weath. Rev.*, 2014, vol. 142, pp. 2271-2289.

8. Rojo M., Claud C., Noer G., Carleton A.M. In situ measurements of surface winds, waves, and sea state in polar lows over the North Atlantic. *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 2019, vol. 124, pp. 700-718.

Поступила 10.08.2021; одобрена после рецензирования 14.09.2021;
принята в печать 28.09.2021.

Submitted 10.08.2021; approved after reviewing 14.09.2021;
accepted for publication 28.09.2021.