

ЛЕДОТЕХНИКА
ICE TECHNOLOGY

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2021-67-4-394-405>
УДК 551.55



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ORIGINAL ARTICLE

ТИПИЗАЦИЯ ПОЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ
В МОРЯХ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ

В.С. ПОРУБАЕВ*, Л.Н. ДЫМЕНТ

*ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия***pvs@aari.ru*

Резюме

Поле атмосферного давления определяет направление ветра и его скорость. Ветер, воздействуя на ледяной покров, вызывает его дрейф. Неравномерность поля дрейфа является причиной образования разрывов в ледяном покрове. Каждому типовому полю атмосферного давления соответствует определенное поле разрывов в ледяном покрове. Подбор для прогностических полей атмосферного давления аналогичных типовых полей по архивным данным дает возможность прогнозировать характеристики разрывов в ледяном покрове. Для формализации подбора аналогов была разработана типизация полей атмосферного давления в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском по ежесуточным синоптическим картам за холодные сезоны 2016–2021 гг. Всего было выделено 27 типов, которые разделены на подтипы в зависимости от интенсивности ветра.

Ключевые слова: арктические моря, атмосферное давление, ледяной покров.

Для цитирования: Порубаев В.С., Дымент Л.Н. Типизация полей атмосферного давления в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском // Проблемы Арктики и Антарктики. 2021. Т. 67. № 4. С. 394–405. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2021-67-4-394-405>.

Поступила 17.10.2021

После переработки 23.11.2021

Принята 26.11.2021

CLASSIFICATION OF SURFACE ATMOSPHERIC PRESSURE FIELDS
IN THE LAPTEV AND EAST SIBERIAN SEAS

VIKTOR S. PORUBAEV*, LUDMILA N. DYMENT

*State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute,
St. Petersburg, Russia***pvs@aari.ru*

Summary

The need for classifying surface atmospheric pressure fields over the Arctic seas arose as a method was being developed for predicting the characteristics of discontinuities (leads) in the sea ice cover. Wind, which is determined by the atmospheric pressure field, acts on the ice cover and causes it to drift. Leads are formed in the ice cover due

to the irregularity of ice drift. Ice drift can be caused by several factors, such as skewed sea level, tidal waves and currents. However, the main cause of ice drift in the Arctic seas is wind. Each typical field of surface atmospheric pressure corresponds to a certain field of leads in the ice cover. This makes it possible to predict the characteristics of leads in the ice cover by selecting fields similar to predictive fields of atmospheric pressure based on archived data.

The variety of atmospheric pressure fields makes it difficult to find an analogue to a given field by simply going through all the corresponding data available in the electronic archive. Classification of atmospheric pressure fields makes it possible to simplify the process of selecting an analogue.

To develop the classification, we used daily surface pressure maps at 00 hours GMT for the cold seasons (from mid-October to the end of May) 2016–2021. The atmospheric pressure fields, which were similar in configuration, and hence the wind fields, belonged to the same type. In total, 27 types were identified, applicable both to the Laptev Sea and the East Siberian Sea. Within one type, a division into subtypes was made, depending on the speed of the geostrophic wind. The wind intensity was estimated by the number of isobars multiples of 5 mb on the surface atmospheric pressure map.

All the surface pressure fields observed over the waters of the Laptev and East Siberian Seas over the past 5 years have been assigned to one of the types identified using cluster analysis. Each type of atmospheric pressure within the framework of the forecasting method being developed is supposed to correspond to a field of discontinuities in the ice cover.

Keywords: arctic seas, atmosphere pressure, ice cover.

For Citation: Porubaev V.S., Dyment L.N. Classification of surface atmospheric pressure fields in the Laptev and East Siberian seas. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2021, 67 (4): 394–405. [In Russian]. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2021-67-4-394-405>.

Received 17.10.2021

Revised 23.11.2021

Accepted 26.11.2021

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в типизации полей атмосферного давления возникла при разработке автоматизированного метода прогноза характеристик разрывов в ледяном покрове арктических морей. Аналоговый метод, используемый для прогноза, предполагает возможность оперативно подбирать к прогностическому полю атмосферного давления аналогичное поле по ретроспективным данным. Аналогичным полем в данном случае считается поле приземного атмосферного давления с подобной конфигурацией изобар и близкими по направлению ветровыми потоками. Многообразие полей приземного давления, фиксируемых над морями Лаптевых и Восточно-Сибирским, затрудняет поиск аналога к заданному полю атмосферного давления путем простого перебора всех имеющихся в электронном архиве соответствующих данных. В связи с этим возникает необходимость в типизации полей атмосферного давления над морями.

Существующие типизации циркуляции атмосферы ([1–4] и др.) охватывают обширные пространства арктических морей и континента. Эти типизации используют понятие элементарного синоптического процесса, представляющего собой период времени, в течение которого на значительной части Северного полушария сохраняется неизменность направления переноса воздуха. При этом под переносом воздуха понимается движение таких синоптических объектов, как воздушные массы, атмосферные фронты, циклоны, антициклоны, ложбины и гребни.

С точки зрения влияния атмосферы на формирование разрывов в ледяном покрове интерес представляют не синоптические объекты и их перемещение, а сохраняющееся в течение определенного времени направление ветра. При этом направление ветра в пределах одного и того же синоптического объекта может быть

различным. В связи с этим существующие типизации циркуляции атмосферы не могут быть использованы при составлении прогнозов характеристик разрывов.

Поле давления определяет направление и скорость ветра в атмосфере. Приземный ветер, воздействуя на ледяной покров, вызывает его дрейф. Неравномерность поля дрейфа льда является причиной разрежений и сжатий в ледяном покрове, в результате чего в нем формируются разрывы и гряды торосов [5–7]. Анализ полей приземного давления, дрейфа льда и систем разрывов показывает зависимость ориентации разрывов от направления ветра и связанного с ним поля дрейфа льда [8]. При этом ветер может быть однонаправленным над всей акваторией моря или иметь различное направление в различных его частях в зависимости от поля атмосферного давления. При близких по конфигурации полях атмосферного давления на акватории моря в ледяном покрове формируются разрывы с близкими значениями их преобладающей ориентации и плотности в пространстве. При этом не имеет значения, какой ветер учитывать (геострофический или реальный), так как аналоговый метод позволяет непосредственно перейти от поля атмосферного давления к полю разрывов.

Автоматизация аналогового метода прогноза характеристик разрывов в ледяном покрове арктических морей требует формализации подбора аналогов для прогностического поля атмосферного давления. Целью данной работы являлось определение типовых приземных полей атмосферного давления в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском и классификация всех ежесуточных барических ситуаций в этих морях за период 2016–2021 гг.

В рамках исследования рассмотрены различные виды воздушных потоков, возникающие над морями Лаптевых и Восточно-Сибирским, соответствующие им поля атмосферного давления и предложен вариант их типизации.

ТИПИЗАЦИЯ ПОЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ИМ ПОЛЕЙ ВЕТРА

Исходными данными для типизации полей приземного атмосферного давления над морями Лаптевых и Восточно-Сибирским являлись синоптические карты за 00 часов Гринвичского времени каждых суток с января 2016 г. по май 2021 г., за исключением летних периодов с июня до середины октября. Данные были представлены в виде значений приземного атмосферного давления в узлах географической сетки с шагом 1° по широте и 2° по долготе.

Анализ суточных синоптических карт позволил выявить группы аналогичных полей атмосферного давления, которым соответствует близкий по направлению геострофический ветер, и объединить их в отдельные типы. Направление ветра определяется по изобарам без учета того факта, что реальный ветер над морем несколько отклоняется от изобар в сторону низкого давления. В каждом типе было выделено по несколько подтипов, которые различаются в основном скоростью ветра. Интенсивность ветра оценивалась по количеству изобар над морем, кратных 5 мб по нормали к направлению воздушного потока. Всего было выделено 27 типов полей атмосферного давления.

Первые 8 типов характеризуют поля атмосферного давления, когда над всем морем преобладает ветер одного и того же направления. Направление ветра оценивается по 8 основным румбам. Для характеристики скорости ветра в каждом из таких типов было выделено по 9 подтипов. Принятые для них условные обозначения представлены в табл. 1, где латинская буква обозначает основное направление геострофического ветра, а цифра после нее — оценка скорости ветра.

Таблица 1

Обозначение типов полей атмосферного давления, формирующих воздушные потоки с неизменным направлением в пределах всего моря

Table 1

Designation of the types of atmospheric pressure fields that form air flows with a constant direction within the entire sea

Разность атмосферного давления над морем, мб	Типы воздушных потоков							
	Северный	Северо-восточный	Восточный	Юго-восточный	Южный	Юго-западный	Западный	Северо-западный
5	N1	NE1	E1	SE1	S1	SW1	W1	NW1
10	N2	NE2	E2	SE2	S2	SW2	W2	NW2
15	N3	NE3	E3	SE3	S3	SW3	W3	NW3
20	N4	NE4	E4	SE4	S4	SW4	W4	NW4
25	N5	NE5	E5	SE5	S5	SW5	W5	NW5
30	N6	NE6	E6	SE6	S6	SW6	W6	NW6
35	N7	NE7	E7	SE7	S7	SW7	W7	NW7
40	N8	NE8	E8	SE8	S8	SW8	W8	NW8
45	N9	NE9	E9	SE9	S9	SW9	W9	NW9

В среднем ветер над морем остается неизменным по направлению 2–4 дня. Наибольшая продолжительность сохранения одного и того же типа была зафиксирована в Восточно-Сибирском море и составила 10 суток, в течение которых изменялась только скорость ветра.

В табл. 2 в качестве примера приведены подтипы полей атмосферного давления над акваторией морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в течение 11 дней января 2017 г. В обоих морях в этот период наблюдались только однонаправленные воздушные потоки. Типы сохранялись на протяжении до 4 суток (тип SW в море Лаптевых и тип NW в Восточно-Сибирском море), при этом их подтипы, отражающие скорость ветра, изменялись почти ежедневно.

Таблица 2

Типы полей атмосферного давления над морями Лаптевых и Восточно-Сибирским во второй декаде января 2017 г.

Table 2

Types of atmospheric pressure fields over the Laptev and East Siberian seas in the second ten-day period of January 2017

Дата	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море
11 января 2017	NW4	W4
12 января 2017	SW5	NW5
13 января 2017	SW5	NW3
14 января 2017	SW7	W2
15 января 2017	W5	NW4
16 января 2017	W4	NW6
17 января 2017	W5	NW4
18 января 2017	SW7	NW3
19 января 2017	SW8	W3
20 января 2017	SW7	W4
21 января 2017	SW6	NW4

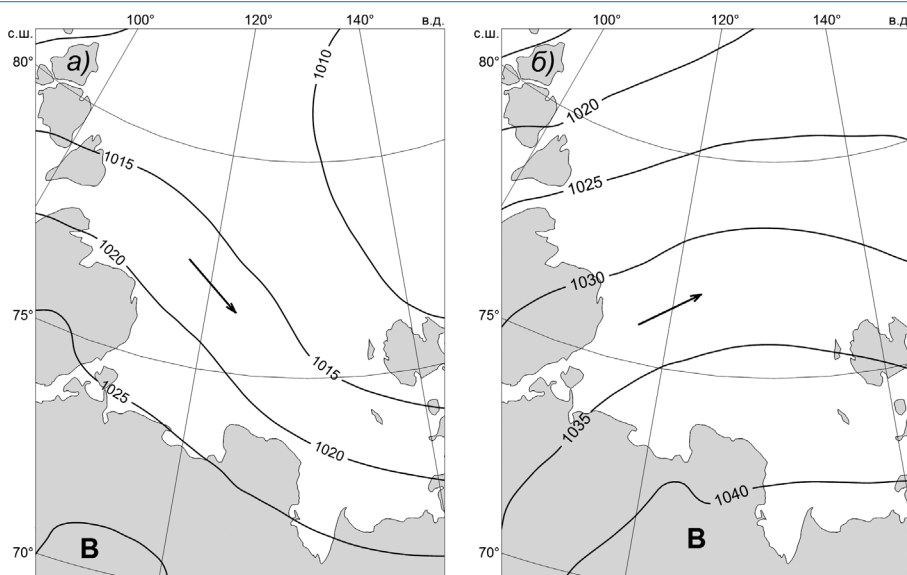


Рис. 1. Поля атмосферного давления и направление ветра в море Лаптевых за 11 января 2017 г. (а) и за 12 января 2017 г. (б)

Fig. 1. Atmospheric pressure fields and wind direction in the Laptev Sea for January 11, 2017 (a) and for January 12, 2017 (b)

Хотя типы атмосферного давления над морем сохраняются, как уже было указано выше, в течение нескольких суток, последующее их изменение происходит в течение суток. На рис. 1 показаны поля атмосферного давления и направление геострофического ветра на 00 часов Гринвического времени 11 и 12 января 2017 г. в море Лаптевых. В течение суток направление ветра изменилось с северо-западного (NW4) на юго-западное (SW5). Результаты отдельных диагностических прогнозов указывают на то, что в этом случае поле разрывов формируется под влиянием средней барической ситуации за текущий и предыдущий дни, однако исследование влияния перестройки полей атмосферного давления на изменения в поле разрывов выходит за рамки данной статьи.

Поле атмосферного давления над морем может иметь сложную конфигурацию. В случае, когда над морем располагается гребень антициклона или ложбина циклона, ветер в пределах моря имеет различное направление и скорость. На рис. 2 показаны поля атмосферного давления, характерной особенностью которых является гребень антициклона с осью, проходящей через центральную часть Восточно-Сибирского моря. Однако поля атмосферного давления на рис. 2а и 2б относятся к разным типам, так как гребень в первом случае распространяется с северо-востока, а во втором — с севера, что обусловило разные направления ветра в западной части моря — юго-западное и южное соответственно. В восточной части моря в обоих случаях отмечается северо-восточный ветер.

Поля давления, показанные на рис. 2а и 2б, относятся к типам GNE и GN соответственно. Первый символ в обоих случаях обозначает наличие гребня атмосферного давления, а следующие — направление его оси. Направление осей гребней и ложбин также оценивается по 8 основным румбам и обозначается одним символом, например N при распространении гребня или ложбины с севера, или двумя, например NE при распространении гребня или ложбины с северо-востока. С учетом скорости

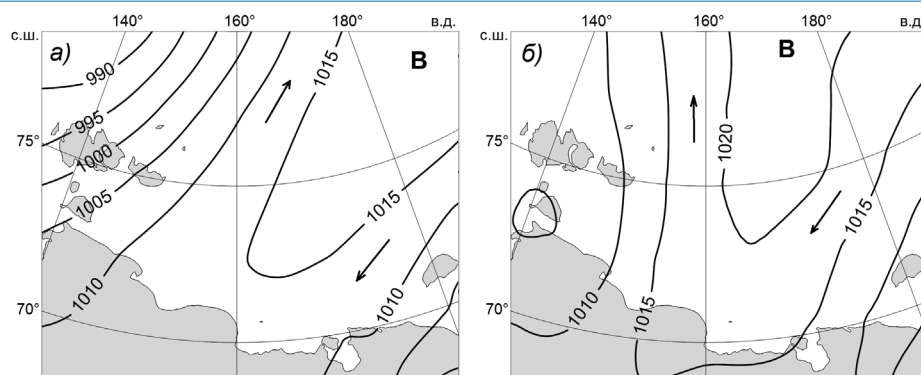


Рис. 2. Поля атмосферного давления и направление ветра в Восточно-Сибирском море 28 января 2017 г. (а) и 28 ноября 2017 г. (б)

Fig. 2. Atmospheric pressure fields and wind direction in the East Siberian Sea on January 28, 2017 (a) and November 28, 2017 (b)

ветра поле на рис. 2а отнесено к подтипу GNE52, а на рис. 2б — GN33. Две цифры после символов указывают на количество изобар через 5 мб, отсчитываемых от оси гребня перпендикулярно к направлению изобар с запада (первая цифра) и востока (вторая цифра). Если ось гребня расположена строго по линии запад-восток, изобары отсчитываются сначала от оси гребня на север, а потом на юг.

Подобное обозначение производится и для типов, отражающих наличие ложбин циклонов, только первым символом в таких случаях является L. Пример полей давления над морем Лаптевых, содержащих ложбины циклона, приведен на рис. 3. Поля атмосферного давления на рис. 3а и 3б отнесены к подтипам LNW46 и LNE33 соответственно.

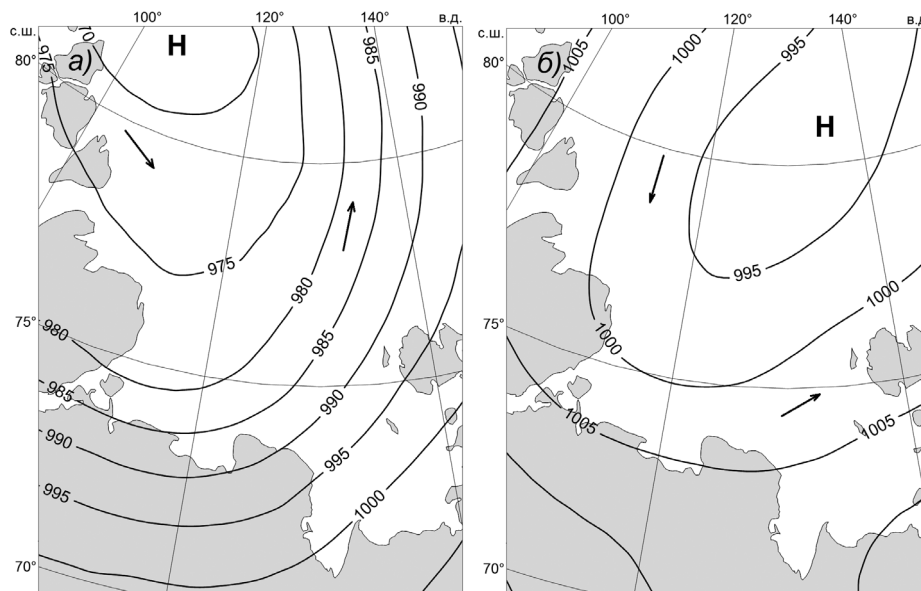


Рис. 3. Поля атмосферного давления и направление ветра за 27 января 2017 г. (а) и за 1 мая 2020 г. (б)

Fig. 3. Atmospheric pressure fields and wind direction for January 27, 2017 (a) and for May 1, 2020 (b)

Оценка скорости ветра с каждой стороны от оси гребня или ложбины может принимать значение от 0 до 6. Таким образом, в каждом из 8 таких типов возможно 49 комбинаций скорости ветра. За исключением комбинации 00, свидетельствующей об отсутствии градиента давления в пределах всего моря, для каждой из оставшихся 48 комбинаций выделены соответствующие подтипы.

Если в обозначении подтипа присутствует цифра 0, это свидетельствует о том, что в одной из частей моря градиент давления практически отсутствует. Пример таких полей атмосферного давления приведен на рис. 4.

На рис. 4а ложбина циклона распространяется на море Лаптевых с севера, и ее ось располагается в западной части моря. Такой подтип обозначается как LN02 и указывает на то, что в западной части моря градиента давления нет. На рис. 4б на море Лаптевых с севера распространяется гребень антициклона. В западной части моря ветер практически отсутствует, о чем свидетельствует малоградиентное поле давления. Такой подтип воздушного потока обозначается как GN02.

Еще 2 типа воздушных потоков соответствуют полям атмосферного давления, когда над морем располагается центр циклона или антициклона. Такие типы обозначаются символом С или А (для циклона и антициклона соответственно) и следующими за ним двумя цифрами. Первая из них свидетельствует о скорости ветра в западной части циклона или антициклона, а вторая — в восточной. Интенсивность ветра в этих типах оценивается по количеству изобар, отсчитываемых через 5 мб по параллели, проходящей через центр циклона или антициклона. Оценка скорости ветра в западной и восточной частях от их центра может принимать значения от 0 до 6. Каждой комбинации цифр оценки скорости ветра (кроме 00) соответствует подтип, т. е. каждый из этих типов имеет 48 подтипов. Комбинация цифр в типе косвенно указывает на положение центра циклона или антициклона в море.

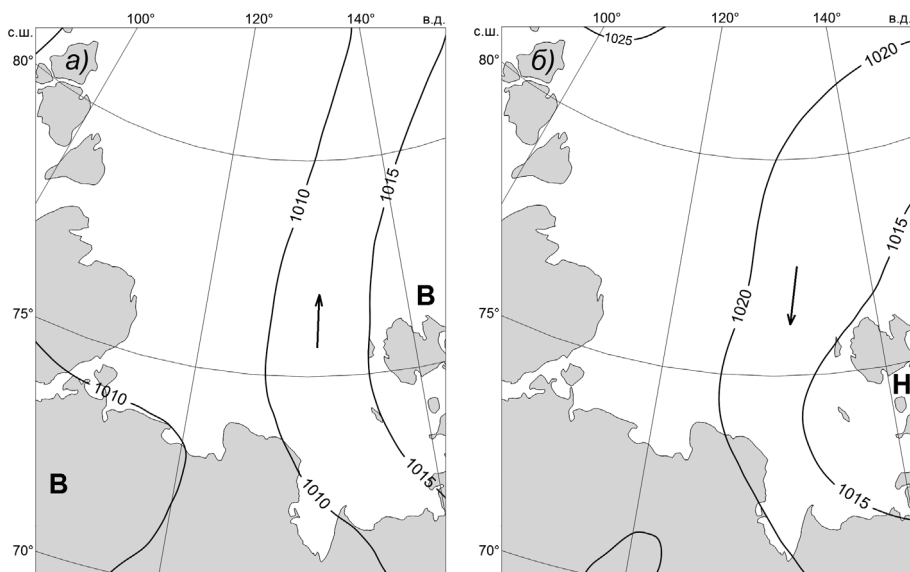


Рис. 4. Поля атмосферного давления и направление ветра над морем Лаптевых 27 мая 2021 г. (а) и 19 декабря 2019 г. (б)

Fig. 4. Atmospheric pressure fields and wind direction over the Laptev Sea on May 27, 2021 (a) and December 19, 2019 (b)

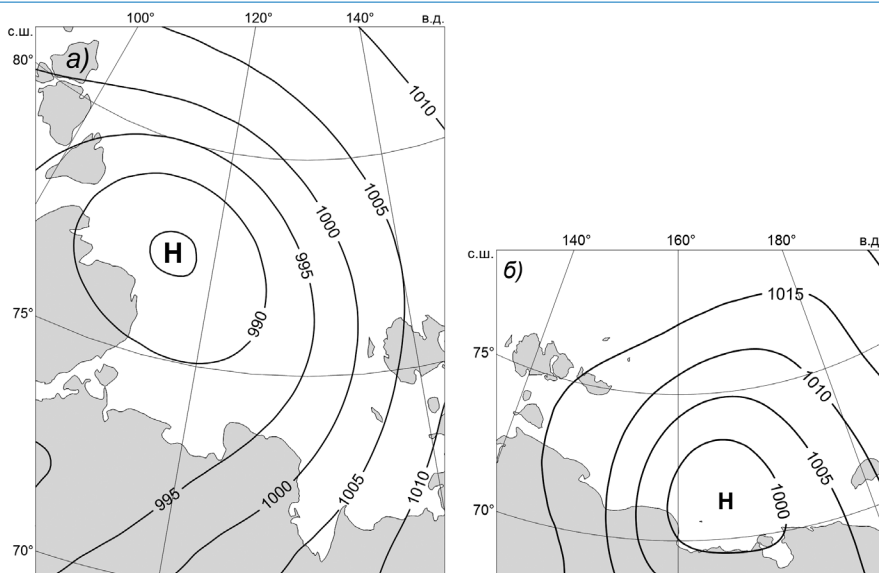


Рис. 5. Циклон над морем Лаптевых 1 мая 2018 г. (а) и над Восточно-Сибирским морем 2 марта 2019 г. (б)

Fig. 5. Cyclone over the Laptev Sea on May 1, 2018 (a) and over the East Siberian Sea on March 2, 2019 (b)

На рис. 5 показаны поля атмосферного давления, в которых в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском расположены циклоны. Подтипы полей атмосферного давления в этом случае для моря Лаптевых обозначены С25, а для Восточно-Сибирского моря С42.

Возможны случаи, когда над всей акваторией моря располагается малоградиентное поле атмосферного давления, при котором отсутствуют выраженные потоки воздуха. Такие ситуации выделены в отдельный тип, обозначенный символом R. Подтипов этот тип не имеет.

Описанные выше типы полей атмосферного давления послужили основой для классификации всех суточных синоптических карт за исследуемый период. Для разделения по типам использовался кластерный анализ, который широко применяется в различных областях, в том числе и в гидрометеорологии ([9, 10] и др.). В качестве исходной точки при классификации («центра кластера») принималось поле атмосферного давления, которое полностью соответствовало по структуре выбранному типу. Такое поле мы называли «эталонным» полем типа. Поскольку исходные данные о полях атмосферного давления были представлены в виде матрицы значений в узлах географической сетки, в качестве параметров для описания его структуры были приняты нормированные значения разностей атмосферного давления для каждой двух соседних узлов по опорным параллелям и меридианам в пределах акватории моря.

Различия в значениях разностей атмосферного давления по параллелям и меридианам позволяют оценить принадлежность поля к одному из выделенных типов. Так, для однонаправленного южного потока над морем будут характерны близкие к нулю разности атмосферного давления по меридианам и значимые значения разностей по параллелям. Величина разностей при этом определяется интенсивностью воздушных потоков, т. е. градиентом атмосферного давления.

Для моря Лаптевых в качестве опорных было выбрано 3 параллели (74°, 77° и 80° с. ш.) и меридианы с 100° в. д. по 136° в. д. с шагом 4. Точки пересечения этих параллелей и меридианов, расположенные в пределах акватории моря, были приняты за опорные узлы. Разности давления между соседними опорными узлами послужили параметрами («свойствами объекта») при расчете метрики. В море Лаптевых расчет метрики велся по 37 параметрам. В Восточно-Сибирском море также было выбрано 3 параллели (71°, 74° и 77° с. ш.) и меридианы с 140° в. д. по 178° в. д. с шагом 6. В этом случае метрика рассчитывалась по 26 параметрам.

В качестве метрики для определения полей атмосферного давления, относящихся к одному типу с «эталонным», использовалось евклидово расстояние.

Последовательно задавая «эталонное» поле атмосферного давления для каждого из 27 выбранных типов, мы отбирали близкие к ним поля из всего архива исходных данных. Пороговая величина метрики подбиралась эмпирически.

В ходе классификации встречались поля атмосферного давления, которые при заданном пороговом значении метрики формально могли быть отнесены к нескольким типам. Пример такой ситуации — барическое поле, характерной особенностью которого являлась распространяющаяся с севера ложбина со смещенной в западную часть моря осью. Такое поле по рассчитанному значению метрики могло быть включено как в тип LN, так и в тип SW, поскольку на значительной части акватории моря преобладает однонаправленный воздушный поток юго-западного направления. Все подобные случаи рассматривались индивидуально, и решение, какому типу отдать предпочтение, принималось с учетом структуры поля давления и значения метрики, рассчитанной в каждом из типов.

Для некоторых полей атмосферного давления все метрики, рассчитанные для каждого типа, превосходили принятое пороговое значение и, соответственно, формально не относились ни к одному из выделенных типов. Таких полей было немного, их количество составило менее 10 % от общего числа рассмотренных суточных карт. В таких ситуациях поле атмосферного давления относилось к типу, значение метрики для которого было наименьшим по сравнению с другими выделенными типами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТИПИЗАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Разработанная типизация позволяет формализовать описание структуры полей атмосферного давления над морями Лаптевых и Восточно-Сибирским.

При составлении прогноза разрывов в ледяном покрове определение типа и подтипа прогностической синоптической ситуации предложенным способом позволит автоматизировать поиск аналогичного поля атмосферного давления.

Основываясь на опыте работы с разрывами, можно предположить, что определяющим является направление потока, а его интенсивность вторична и потому возможно использовать соседний подтип одного и того же типа. Представляется, что в результате практического применения метода будет определена возможность и способ объединения отдельных подтипов.

Каждому подтипу поля атмосферного давления в рамках разрабатываемого метода прогноза предполагается поставить в соответствие поле разрывов в ледяном покрове. Исходными данными для этого послужат снимки ИСЗ малого разрешения, по которым будут дешифрованы разрывы в ледяном покрове, а затем рассчитаны значения их преобладающей ориентации и плотности расположения в пространстве по квадратам сетки [11].

Таблица 3

Повторяемость типов полей атмосферного давления, 2016–2021 гг.

Table 3

The frequency of occurrence of the types of atmospheric pressure fields, 2016–2021

Барические поля	Повторяемость, %	
	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море
С неизменным направлением градиента	51,2	52,3
Гребень	17,8	20,0
Ложбина	16,3	11,7
Циклон	7,7	5,1
Антициклон	1,4	2,3
Малоградиентное поле	5,6	8,6

В настоящий момент отдельно для моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря сформирован каталог типов полей атмосферного давления. Для каждого подтипа в каталог занесены даты, в которые поля ветра над морем имели соответствующее направление и скорость. При составлении прогноза из полей атмосферного давления, принадлежащих одному подтипу, один наиболее подходящий будет выбираться в качестве аналога.

Существует вероятность, что для некоторых редко встречающихся подтипов не будет возможности сформировать поле характеристик разрывов по фактическим данным. Это связано с наличием облачности в этот день, препятствующей дешифрированию снимка ИСЗ. В этом случае планируется использовать поле разрывов для ближайшего подтипа, отличающееся от искомого только скоростью ветра. Предполагается, что значения характеристик разрывов у двух соседних подтипов не будут существенно различаться.

Наименьшую повторяемость в течение рассмотренного временного интервала имел тип А, соответствующий наличию центра антициклона над акваторией моря. За 5,5 лет поля атмосферного давления этого типа наблюдались над акваториями морей Лаптевых и Восточно-Сибирского лишь 18 и 30 дней соответственно, т. е. менее, чем в 3 % случаев (табл. 3).

Наибольшую повторяемость имели типы, описывающие однонаправленные в пределах всего моря воздушные потоки. В обоих морях к этим типам отнесено немногим более половины всех проанализированных данных. Следует отметить,

Таблица 4

Повторяемость типов полей атмосферного давления, формирующих однонаправленные воздушные потоки, 2016–2021 гг.

Table 4

The frequency of occurrence of the types of atmospheric pressure fields forming unidirectional air flows, 2016–2021

Типы	Повторяемость, %	
	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море
N	2,2	2,4
NE	5,0	7,2
E	5,5	9,9
SE	10,6	10,0
S	8,7	2,1
SW	10,5	6,5
W	4,9	8,2
NW	3,8	6,0

что при классификации полей атмосферного давления к однонаправленным также относились барические поля, при которых в отдельных периферийных районах моря ветер мог отклоняться от основного направления типа.

В табл. 4 приведена повторяемость однонаправленных потоков по 8 румбам. В море Лаптевых наибольшую повторяемость имеют типы с южной составляющей направления ветра (SE, S, SW). Суммарно эти типы наблюдались почти в 30 % от общего числа дней в рассмотренном периоде. В Восточно-Сибирском море преобладают типы с восточной составляющей (NE, E, SE). На их долю приходится 27,1 % случаев. Преобладание указанных типов объясняется климатическими особенностями этих регионов.

ВЫВОДЫ

Создана классификация полей атмосферного давления над морями Лаптевых и Восточно-Сибирским, состоящая из 27 типов. Такое количество типов при разбиении их на подтипы дает возможность достаточно точно описывать особенности полей атмосферного давления над морем.

Типизация предназначена для описания полей атмосферного давления на акваториях, сравнимых по площади с отдельными арктическими морями.

Формализация описания структуры полей атмосферного давления над морем будет использована при автоматизации аналогового метода краткосрочного прогноза характеристик разрывов в ледяном покрове морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Это позволит оперативно подбирать к прогностическому полю атмосферного давления оптимальный аналог по ретроспективным данным.

Конфликт интересов. Авторы не имеют конфликта интересов.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках целевой научно-технической программы Росгидромета на 2020–2024 гг. Проект 5.1.1 «Развитие моделей, методов и технологий мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы, океана, морского ледяного покрова, ледников и вечной мерзлоты (криосферы), процессов взаимодействия льда с природными объектами и инженерными сооружениями для Арктики и технологий гидрометеорологического обеспечения потребителей».

Competing interests. The authors have no competing interests.

Financing. The research was carried out within the framework of the target scientific and technical program of Roshydromet for 2020–2024. Project 5.1.1 “Development of models, methods and technologies for monitoring and forecasting the state of the atmosphere, ocean, sea ice cover, glaciers and permafrost (cryosphere), processes of interaction of ice with natural objects and engineering structures for the Arctic and technologies for hydrometeorological provision of consumers”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вангенгейм Г.Я. Основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для Арктики // Труды ААНИИ. 1952. Т. 34. 314 с.
2. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгопериодные метеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат. 1971. 480 с.
3. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. М.: Наука, 1975. 288 с.
4. Мультиановский Б.П. Основные положения синоптического метода долгосрочных прогноза погоды. Ч. 1. М.: Центральное управление единой гидрометеорологической службы Союза ССР, 1933. 139 с.
5. Горбунов Ю.А., Карелин И.Д., Лосев С.М. Природа нарушения сплошности морского ледяного покрова в зимнее время // Материалы гляциологических исследований. 1986. № 55. С. 131–134.

6. Карелин И.Д. Исследование крупномасштабных потоков морских льдов по телевизионным снимкам искусственных спутников Земли // Проблемы Арктики и Антарктики. 1985. Вып. 60. С. 86–93.
7. Бородачев В.Е. Генетико-морфологическая классификация трещин в ледяном покрове // Труды ААНИИ. 1988. Т. 388. С. 79–84.
8. Лосев С.М., Горбунов Ю.А. Диагностика и среднесрочный прогноз нарушений сплошности морского ледяного покрова // Труды ААНИИ. 1998. Т. 438. С. 13–25.
9. Дымент Л.Н. Применение кластерного анализа для выделения районов с однородными системами разрывов в ледяном покрове Арктического бассейна // Метеорология и гидрология. 2000. № 12. С. 52–59.
10. Surkova G.V., Krylov A.A. Extremely strong winds and weather patterns over arctic seas // Geography, Environment, Sustainability. 2019. T. 12. № 3. P. 34–42.
11. Porubaev V.S., Dymant L.N., Aksenov P.V. Leads in the ice cover of the Arctic Seas and possibilities of forecasting their characteristics on the basis of satellite data // Proceedings of the 26th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. June 14–18, 2021, Moscow, Russia. URL: <https://www.poac.com/Papers/2021/pdf/POAC21-064.pdf> (дата обращения 26.08.2021).

REFERENCES

1. Vangengejm G.Ja. Basics of the macrocirculation method for long-range meteorological forecasts for the Arctic. *Trudy Arkticheskogo i antarkticheskogo nauchnoy-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of AARI. 1952, 34: 314 p. [In Russian].
2. Girs A.A. *Mnogoletnie kolebanija atmosfernoj cirkuljacii i dolgoperiodnye meteorologicheskie prognozy*. Long-term fluctuations in atmospheric circulation and long-term meteorological forecasts. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1971: 480 p. [In Russian].
3. Dzerdzeevskij B.L. *Obshaja cirkuljacija atmosfery i klimat*. General atmospheric circulation and climate. Moscow: Nauka, 1975: 288 p. [In Russian].
4. Mul'tanovskij B.P. *Osnovnye polozenija sinopticheskogo metoda dolgosrochnyh prognoza pogody. Chast' I*. The main provisions of the synoptic method for long-range weather forecasting. Part 1. Moscow: Central Administration of the Unified Hydrometeorological Service of the USSR, 1933: 139 p. [In Russian].
5. Gorbunov Ju.A., Karelin I.D., Losev S.M. The nature of the discontinuity of the sea ice cover in winter. *Materialy glaciologicheskikh issledovanij*. Proc. of Glaciological Research. 1986, 55: 131–134. [In Russian].
6. Karelin I.D. Study of large-scale sea ice flows using television images of artificial earth satellites. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 1985, 60: 86–93. [In Russian].
7. Borodachev V.E. Genetic and morphological classification of leads in the sea ice cover. *Trudy Arkticheskogo i antarkticheskogo nauchnoy-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of AARI. 1988, 388: 79–84. [In Russian].
8. Losev S.M., Gorbunov Ju.A. Diagnostics and mid-term forecast of sea ice cover discontinuities. *Trudy Arkticheskogo i antarkticheskogo nauchnoy-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of AARI. 1998, 438: 13–25. [In Russian].
9. Dymant L.N. Application of cluster analysis to identify areas with homogeneous ice breaks in the arctic basin. *Meteorologiya i Gidrologiya*. Meteorology and Hydrology. 2000, 12: 52–59. [In Russian].
10. Surkova G.V., Krylov A.A. Extremely strong winds and weather patterns over arctic seas. *Geography, Environment, Sustainability*. 2019, 12 (3): 34–42.
11. Porubaev V.S., Dymant L.N., Aksenov P.V. Leads in the ice cover of the Arctic Seas and possibilities of forecasting their characteristics on the basis of satellite data. Proceedings of the 26th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. June 14–18, 2021, Moscow, Russia. Available at: <https://www.poac.com/Papers/2021/pdf/POAC21-064.pdf> (accessed 26.08.2021).