



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 163–168

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 163–168

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-3-163-168>, EDN: KQIZIH

Научная статья

УДК 551.589



Исследование полей геопотенциала в Северном и Южном полушариях в различные естественные климатические периоды в январе

С. В. Морозова[✉], Н. В. Семенова, Р. Б. Юхмин, Р. А. Слепухин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

Семенова Наталия Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии, snv-71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5442-5413>

Юхмин Роман Борисович, магистрант географического факультета, romis.yuhmin01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2127-285X>

Слепухин Роман Александрович, студент географического факультета, asphixis@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9281-4233>

Аннотация. Введение. Атмосферное давление является важнейшей характеристикой атмосферы. Изменение атмосферного давления приводит к изменению всего комплекса погодных условий. Рост температуры на земном шаре оказывает влияние на все характеристики атмосферы, в том числе и на атмосферное давление. В настоящей работе рассматривается изменение атмосферного давления у земной поверхности в период стабилизации и во вторую волну глобального потепления. **Теоретический анализ.** По данным о значении высоты изобарической поверхности H_0 (AT-1000 гПа) построены средние многолетние поля распределения атмосферного давления на земном шаре в период стабилизации и во вторую в олу глобального потепления. В качестве исходных данных использованы данные реанализа NCER/NCAR. Для оценки изменения полей рассчитана разность геопотенциальных высот H_0 в гПа путем вычитания из среднего многолетнего поля во вторую волну глобального потепления среднего многолетнего поля периода стабилизации. **Заключение.** Выявлены очаги, в которых давление на уровне моря в январе во вторую волну стало выше, чем в период стабилизации. Такие очаги фиксируются в восточном полушарии в долготном поясе между 120-м и 150-м меридианами. Понижение давления отмечено в области действия Исландского минимума, в области Канадского архипелага, вдоль побережья Антарктиды, омываемого Индийским океаном.

Ключевые слова: земная климатическая система, естественные климатические периоды, поле давления, поле геопотенциала, вторая волна глобального потепления, климатические изменения

Для цитирования: Морозова С. В., Семенова Н. В., Юхмин Р. Б., Слепухин Р. А. Исследование полей геопотенциала в Северном и Южном полушариях в различные естественные климатические периоды в январе // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 163–168. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-3-163-168>, EDN: KQIZIH

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

An analysis of geopotential fields in the Northern and Southern hemispheres under different natural climatic conditions during January

S. V. Morozova[✉], N. V. Semenova, R. B. Yuhmin, R. A. Slepukhin

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Svetlana V. Morozova, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

Natalia V. Semenova, snv-71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5442-5413>

Roman B. Yuhmin, romis.yuhmin01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2127-285X>

Roman A. Slepukhin, asphixis@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9281-4233>

Abstract. Introduction. Atmospheric pressure is a crucial characteristic of the atmosphere. Changes in atmospheric pressure lead to changes in the entire set of weather conditions. The increase in global temperature affects all atmospheric characteristics, including atmospheric pressure. This paper examines the changes in atmospheric pressure near the Earth's surface during the stabilization period and the second wave of global warming. **Theoretical analysis.** Based on the data on the height of the isobaric surface H_0 (AT 1000 hPa), the average long-term fields of atmospheric pressure distribution on the globe during the stabilization period and during the second wave of global warming were constructed. The NCER/NCAR reanalysis data were used as the initial data. To assess the change in the fields, the difference in geopotential heights H_0 in hPa was calculated by subtracting the average long-term field during the second wave of global warming from the average long-term field during the stabilization period. **Conclusion.** There are areas where the sea-level pressure in January was higher than during the stabilization period in the



second wave. These areas are located in the eastern hemisphere, between the 120th and 150th meridians. The pressure decreased in the area of the Icelandic Low, the Canadian Archipelago, and along the coast of Antarctica, which is washed by the Indian Ocean.

Keywords: Earth's climate system, natural climate periods, pressure field, geopotential field, second wave of global warming, and climate change

For citation: Morozova S. V., Semenova N. V., Yukhmin R. B., Slepukhin R. A. An analysis of geopotential fields in the Northern and Southern hemispheres under different natural climatic conditions during January. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 163–168 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-3-163-168>, EDN: KQIZIH

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Процессы, развивающиеся в земной климатической системе в настоящее время, показывают разгоняющееся потепление. По данным сайта Всемирной метеорологической организации (ВМО) [1] и сведениям, содержащимся в последних оценочных докладах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [2, 3], можно заключить, что по сравнению с доиндустриальной эрой средняя глобальная приповерхностная температура воздуха увеличилась примерно на 1.2°C и с начала эпохи инструментальных метеорологических наблюдений (1850 год) каждое последующее десятилетие оказывается теплее, чем предыдущее. Также экспертами МГЭИК указывается, что средняя глобальная температура может повышаться от $0.2\text{--}1.8^{\circ}\text{C}$ (для сценария увеличения концентрации парниковых газов RCP2.6) до $2.6\text{--}4.8^{\circ}\text{C}$ (для сценария RCP8.5). Однако в данных моделях учтено только антропогенное воздействие на изменение газового и аэрозольного состава атмосферы. Главной причиной разгоняющегося потепления в Шестом Оценочном Докладе МГЭИК [3] называется антропогенный фактор.

Однако при оценке настоящих климатических изменений рассматриваются и естественные факторы. Так, в Пятом Оценочном Докладе МГЭИК [2] указывается, что определенную роль в наблюдаемых климатических изменениях играют и природные процессы – собственные внутренние колебания в земной климатической системе (ЗКС), имеющие циклический характер.

Во «Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [4] приведены данные, согласно которым с середины XVII в. произошло изменение потока солнечной радиации на величину, составляющую 2% от наблюдающегося антропогенного воздействия.

С помощью модельных расчётов получено, что при уменьшении потока солнечной радиации на 0.25% (аналогично периоду минимума Маундера) по сравнению с современной величиной, скорость глобального потепления замедлится и рост средней глобальной температуры снизится на $0.24\text{--}0.26^{\circ}\text{C}$. Оценка влияния вулканического аэрозоля на земную климатическую систему показала, что за период 2008–2011 гг. охлаждающий эффект вулканической деятельности составил 0.11 Вт/м^2 [4]. Кроме того, дополни-

тельными естественными факторами замедления темпов глобального потепления МГЭИК [2, 3] считает процессы в океане, а именно Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Таким образом, в противовес антропогенным воздействиям в земной климатической системе действуют естественные факторы различной природы. Основываясь на циклических колебаниях, происходящих в Земной климатической системе, С. В. Морозова выделила следующие естественные климатические периоды (ЕКП) [5, 6]:

- малый ледниковый период в Европе, представленный интервалом с середины XIX в. по середину нулевых годов XX в.;
- первая волна глобального потепления, наблюдавшаяся с середины нулевых до 40-х гг. XX в.;
- период стабилизации (относительного похолодания), имевший место в 50–60-е гг. XX в.;
- вторая волна глобального потепления, начавшаяся с середины 70-х гг. XX в. и продолжающаяся по настоящее время с довольно существенным замедлением темпа.

Очевидно, что изменения температуры воздуха неизбежно влекут за собой изменения и других метеорологических характеристик атмосферы – давления, влажности, облачности и осадков.

Цель данной работы – рассмотреть изменение атмосферного давления на уровне моря в период стабилизации и вторую волну глобального потепления в январе. Отметим, что атмосферное давление на уровне моря аппроксимировалось значением высоты изобарической поверхности H_0 (АТ 1000 гПа).

Материалы и методика исследований

В представленной статье временной промежуток исследования составляют два естественных климатических периода состояния земной климатической системы (ЗКС) – период стабилизации (1949–1974 гг.) и вторая волна глобального потепления (1975–2023 гг.).

Для анализа полей геопотенциала были использованы данные реанализа национального метеорологического центра США NCER/NCAR [7]. С данного сайта была осуществлена выборка данных о давлении воздуха на уровне моря. Стоит отметить особенность представления данных. На сайте представлено не давление, а геопотенциал изобарической поверхности H_0 , поэтому



обрабатываемые данные в некоторых случаях оказывались отрицательными (например, в области Исландского и Алеутского центров действия атмосферы).

Данные о значении геопотенциала содержались в формате .лс. Далее этот формат был преобразован в стандартный формат Excel помощью специально разработанного программного обеспечения, написанного на языке Python. Дальнейшая визуализация данных проводилась при помощи программного комплекса MapInfo.

Выборка данных осуществлялась с разрешением 10 градусов по широте и 10 градусов по долготе. Исследование проводилось для двух месяцев – января и июля в два естественных климатических периода состояния ЗКС. В данной статье рассматриваются особенности поля геопотенциала H_0 для января.

Данные о значении геопотенциала H_0 осреднялись за эти два временных промежутка, и анализировались средние многолетние поля геопотенциала H_0 в период стабилизации и во вторую волну глобального потепления. На рис. 1 показаны выделенные С. В. Морозовой временные интервалы – естественные климатические периоды состояния ЗКС [5].

Для лучшей оценки различий в характере поля давления воздуха на уровне моря в два естественных климатических периода состояния ЗКС была рассчитана разность геопотенциальных высот H_0 в гПа. Разница бралась путем вычитания из среднего многолетнего поля за вторую волну глобального потепления среднего многолетнего поля периода стабилизации:

$$\Delta H_{ij} = H_{ij}(2) - H_{ij}(1),$$

где ΔH_{ij} – значение геопотенциала в узле регулярной сетки, рассчитанное как разность между

его значениями в данном узле во второй и первый периоды; $H_{ij}(2)$ – среднее многолетнее значение геопотенциала в узле регулярной сетки во вторую волну глобального потепления; $H_{ij}(1)$ – среднее многолетнее значение геопотенциала в узле регулярной сетки в период стабилизации.

Рассмотрим особенности поля геопотенциала H_0 в январе.

Результаты и их обсуждение

На основании вышеизложенной методики получены средние многолетние карты геопотенциала изобарической поверхности H_0 и карта разности значений геопотенциальных высот между двумя климатическими периодами.

На рис. 2 представлено среднее многолетнее поле высоты изобарической поверхности АТ 1000 гПа в январе.

По рис. 2 можно заключить, что в период стабилизации общие закономерности зонального распределения давления на земном шаре сохраняются. Самые низкие значения давления (высоты геопотенциала H_0) отмечаются у побережья Антарктиды. В Южном полушарии в субтропической полосе высокого давления из трех антициклонических центров действия атмосферы (ЦДА) хорошо выражены Южно-Тихоокеанский и Южно-Индийский антициклоны, Южно-Атлантический максимум давления выражен слабее и не очерчен ни одной замкнутой изобарой.

В Северном полушарии в отличие от Южного полушария наблюдается хорошо выраженная меридиональность в поле давления, связанная с распределением суши и моря. Над Северной Атлантикой и Западной Европой имеет место обширная область низкого давления, соответствующая постоянному центру действия атмосферы –

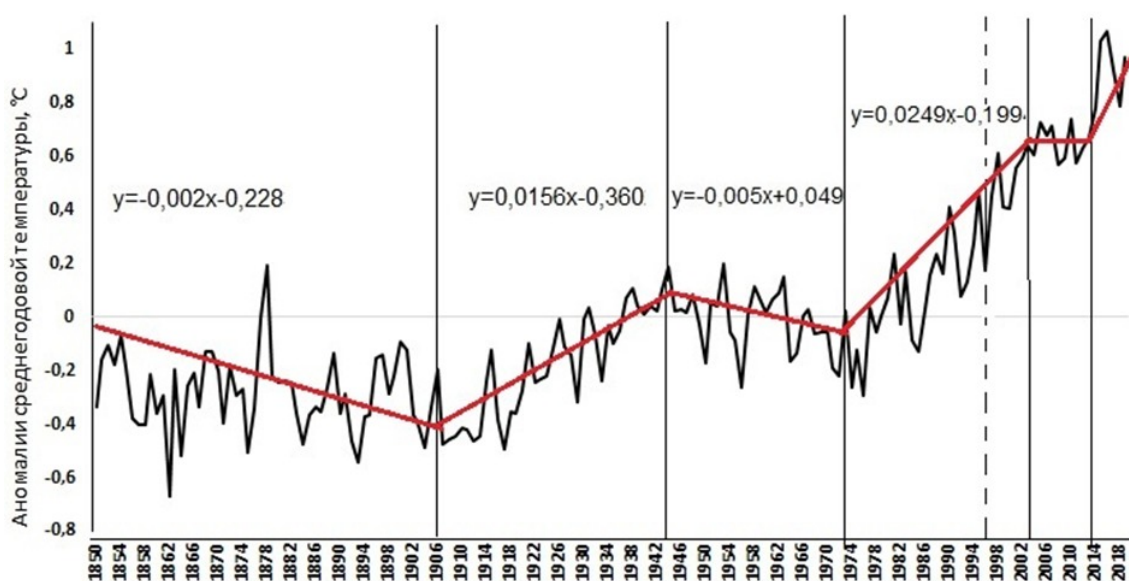


Рис. 1. Годовой ход аномалий приземной температуры воздуха на земном шаре [5] (цвет онлайн)

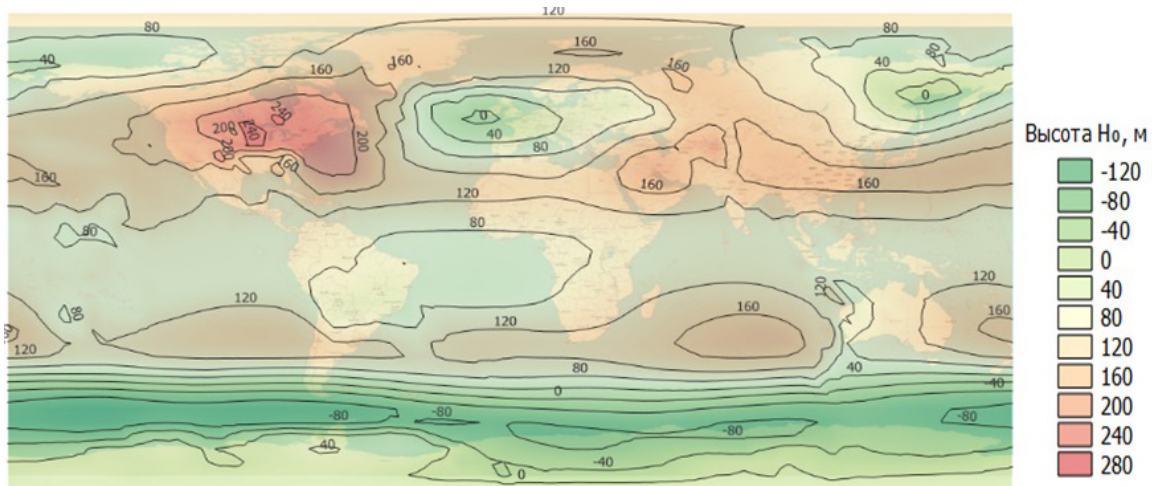


Рис. 2. Среднее многолетнее поле геопотенциала поверхности H_0 в период стабилизации (январь) (сост. по: [7]) (цвет онлайн)

Исландскому минимуму. На восток от этого циклона до Урала распространяется ложбина, под влиянием которой оказывается вся Центральная и Восточная Европа. Отметим, что в область влияния Исландского минимума в этот естественный климатический период не входит восточная часть побережья Скандинавского полуострова и западный сектор Российской Арктики. Над северной частью Тихого океана хорошо выражена область низкого давления, соответствующая Алеутскому (Аляскинскому) циклону и сезонному Охотоморскому минимуму давления. Над Северной Америкой и Азией выявляются, соответственно, Северо-Канадский максимум и Зимний Азиатский антициклон. Область повышенного давления в районе полюса – область действия арктического антициклона.

Рассмотрим структуру барического поля геопотенциала H_0 во вторую волну глобального потепления (рис. 3).

Анализ рис. 3 позволяет сделать вывод, что принципиальной разницы в структуре поля давления между двумя естественными климатическими периодами состояния ЗКС не обнаружено. Также проявляется полоса низкого давления над Антарктидой с очагами, гораздо меньшими по площади, чем в период стабилизации, но с более низким значением геопотенциальной высоты H_0 – -120 . Самый большой по охватываемой территории очаг находится в южной части Индийского океана, в районе моря Дейвиса. Второй очаг наибольших отрицательных геопотенциальных высот расположен северо-восточнее моря Амундсена, и третий, самый маленький по занимаемой площади, – в районе моря Беллинсгаузена.

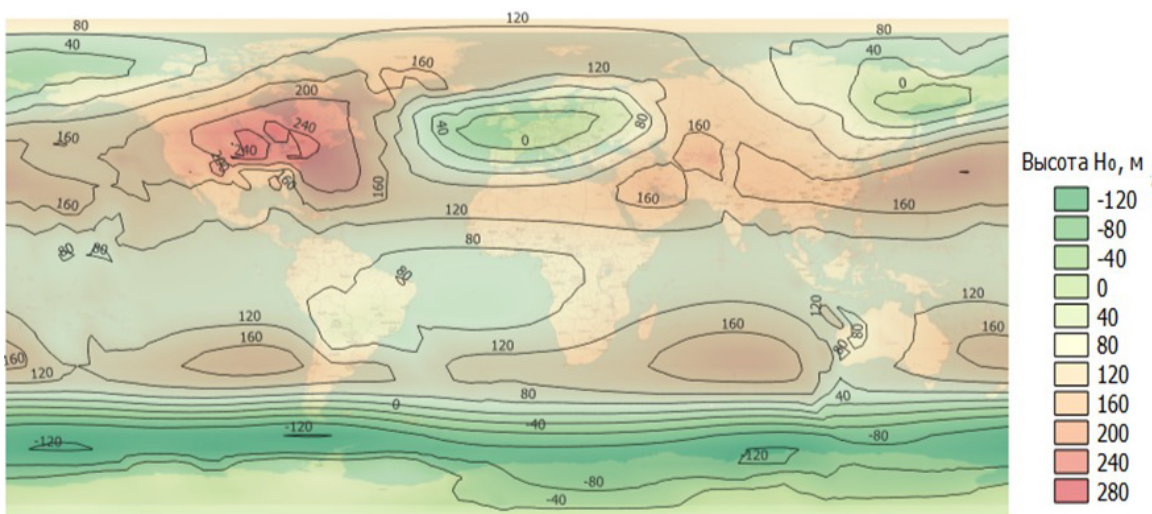


Рис. 3. Среднее многолетнее поле геопотенциала поверхности H_0 во вторую волну глобального потепления (январь) (сост. по: [7]) (цвет онлайн)



Также имеют место субтропическая полоса высокого давления Южного Океана и некая меридиональность в распределении поля давления над Северным полушарием.

Для более детального исследования различий в структуре поля давления на уровне моря рассмотрим карту, на которой представлена разность давлений в два естественных климатических периода состояния ЗКС (рис. 4).

Согласно рис. 4 видно, что существуют очаги, в которых давление выросло во вторую волну глобального потепления по сравнению с периодом стабилизации. Однако в каких-то регионах, наоборот, стало ниже. В Северном и Южном полушариях наблюдается по два очага, где давление на уровне моря выросло. Интересен тот факт, что эти очаги повышенного давления расположены примерно на одних и тех же долготах.

В Южном полушарии давление наиболее сильно выросло в восточной части Тихого океана от западного побережья Южной Америки (+20 гп.дам.). Второй очаг расположен в районе Большого Австралийского залива (+20 гп.дам.). В этом же долготном поясе в Северном полушарии область роста давления от второй волны глобального потепления к периоду стабилизации расположен в северной части Тихого океана (+40 гп.дам.). Возможно, это связано с ослаблением энергетической мощности и с ослаблением течения Курисио.

Помимо очагов роста давления имеются территории, на которых давление во вторую волну стало ниже, чем в период стабилизации. В северном полушарии такой очаг расположен в районе локализации Исландского минимума. Разность геопотенциальных высот между двумя естественными климатическими периодами составила –60 гп.дам. На углубление Исландского минимума во вторую волну глобального потепления указывалось во многих публикациях, например

в [8–11]. Вторая область, где атмосферное давление во вторую волну глобального потепления стало ниже, чем в предыдущий ЕКП, локализуется в Канадском секторе Арктики.

В Южном полушарии вокруг побережья Антарктиды циклоны также стали глубже во вторую волну глобального потепления по сравнению с периодом стабилизации. Однако их углубление не такое сильное, как в полушарии Северном, – всего на 20 гп.дам.

Замеченное увеличение глубины циклонов в Северном и Южном полушариях свидетельствует об усилении циклонической деятельности, что в Северном полушарии приводит к потеплению Арктики, а в Южном – потеплению побережья Антарктиды.

Другим климатически значимым следствием углубления циклонов высоких широт является усиление градиента экватор – полюс, причем, в обоих полушариях. Следствием увеличения градиентов в Северном полушарии может быть увеличение повторяемости экстремальных штормов или мезоциклонов в российском секторе Арктики. Об увеличении экстремальных циклонов в Арктическом секторе во вторую волну глобального потепления указывается во многих источниках, например в монографии Е. С. Нестерова [12]. Аналогичные явления (штормовые циклоны) замечены в Тихом океане, в частности в Японском и Охотском морях [13, 14].

Заключение

Таким образом, на фоне глобальных климатических тенденций заметны изменения в поле давления в разных регионах земного шара. Проведенный анализ материала позволяет авторам сделать следующие выводы.

1. На фоне наблюдающихся климатических изменений выявляются изменения в характере

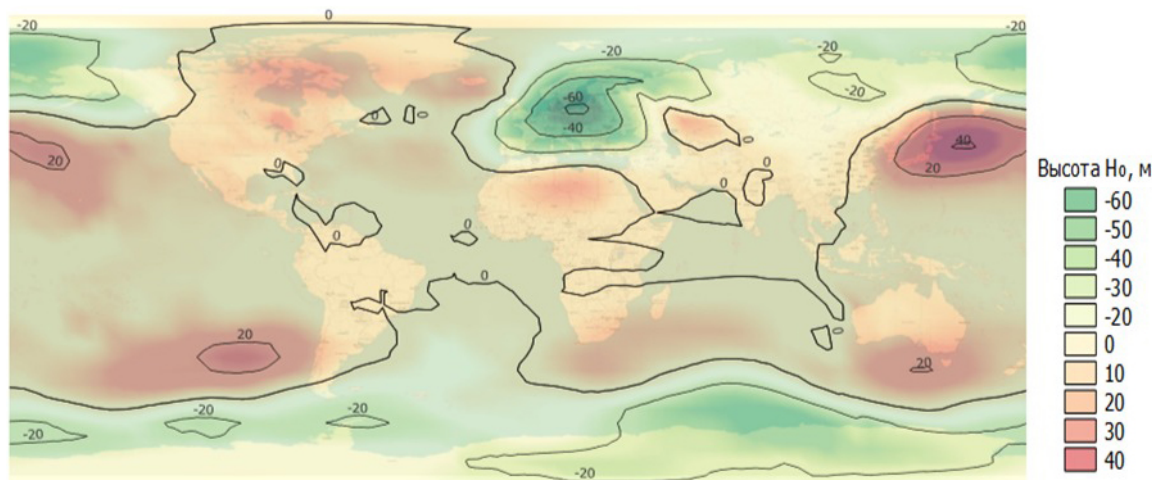


Рис. 4. Разность значений геопотенциала в два естественных климатических периода состояния ЗКС (январь) (сост. по: [7]) (цвет онлайн)



распределения давления на уровне моря, которые носят очаговой характер.

2. Очаги наибольшего роста приземного давления во вторую волну глобального потепления по сравнению с периодом стабилизации в январе наблюдаются по два в Северном и Южном полушариях, причем на одних и тех же долготях: атмосферное давление стало выше в юго-восточной части Тихого океана и в районе Большого Австралийского залива, а также в северной части Тихого океана – в области действия Алеутского минимума и в зоне распространения западной периферии Гавайского антициклона.

3. В январе давление во вторую волну глобального потепления по сравнению с периодом стабилизации стало ниже в области действия Исландского минимума (Европа), в области Канадского архипелага, вдоль побережья Антарктиды, омываемого Индийским океаном.

4. Усиление циклонической активности в высоких широтах полушарий может быть одним из факторов, стимулирующих потепление Арктики и побережья Антарктиды.

Библиографический список

1. Всемирная метеорологическая организация – ВМО : [сайт]. URL: <https://wmo.int/ru> (дата обращения: 05.05.2025).
2. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller N. L., eds. United Kingdom, Cambridge ; USA, New York : Cambridge University Press, 2007. 996 pp.
3. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M., eds. United Kingdom, Cambridge; USA, New York : Cambridge University Press, 2013. 1535 pp.
4. Алексеев Г. В., Ананичева М. Д., Анисимов О. А., Ашик И. М., Бардин М. Ю., Богданова Э. Г., Булыгина О. Н., Георгиевский В. Ю., Груза Г. В., Данилов А. И., Еремина Т. Р., Золотокрылин А. Н., Кароль И. Л., Катцов В. М., Корзухин М. Д., Костяной А. Г., Кренке А. Н., Лобанов В. Б., Малкова Г. В., Мелешко В. П. и др. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / под общ. ред. А. В. Фролова ; науч. руководители В. М. Катцов и С. М. Семенов ; ред. В. В. Ясюкевич, В. А. Говоркова, И. А. Корнева, Т. В. Павлова, Е. Н. Попова. М. : Росгидромет, 2014. 59 с. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2.pdf> (дата обращения: 08.05.2025).
5. Морозова С. В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 2019. 132 с. EDN: YGUSDA
6. Морозова С. В., Полянская Е. А., Алимбиева М. А. Особенности межгодовой изменчивости приповерхностной температуры воздуха Северного и Южного полушарий по данным архива HadCRUT5 // Гидрометеорология и экология. 2023. № 72. С. 432–448 <https://doi.org/10.33933/2713-3001-2023-72-432-448>, EDN: KCHXUZ
7. NCEP/NCAR Reanalysis at NOAA/ESRL PSL: NOAA Physical Sciences Laboratory : [сайт]. URL: <https://psl.noaa.gov/data/reanalysis/> (дата обращения: 08.05.2025).
8. Неушкин А. И., Сидоренков Н. С., Санина А. Т., Иванова Т. Б., Бережная Т. В., Панкратенко Н. В., Макарова М. Е. Мониторинг общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие : справочная монография / под ред. Р. М. Вильфанда, А. И. Неушкина ; ФГБУ «Гидрометцентр России» ; ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск, 2013. 200 с.
9. Мохов И. И., Петухов В. К. Центры действия в атмосфере и тенденции их изменения // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2000. Т. 36, № 3. С. 321–329.
10. Мохов И. И., Хон В. Ч. Межгодовая изменчивость и долгопериодные тенденции центров действия атмосферы в Северном полушарии. Анализ данных наблюдений // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41, № 6. С. 723–732. EDN: HSCRIN
11. Морозова С. В. Комплексное исследование поведения центров действия атмосферы Атлантико-Евразийского сектора полушария // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 21. С. 53–56. EDN: ORFYVX
12. Нестеров Е. С. Экстремальные циклоны в Атлантико-Европейском регионе. М. : Гидрометцентр России, 2018. 104 с. EDN: XWGYNB
13. Митник Л. М., Баранюк А. В., Кулешов В. П., Митник М. Л. Взрывные циклоны над северной частью Тихого океана: структура и параметры атмосферы по пассивным и активным микроволновым изменениям из космоса // Метеорология и гидрология. Ежемесячный научно-технический журнал. 2023. № 1. С. 18–30. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-1-18-30>, EDN: SRYJCK
14. Котович Н. Г., Крохин В. В., Лисина И. А. Штормовой циклогенез над Японским морем 16–18 января 2016 г.: анализ энергии и взаимодействия вихрей // Метеорология и гидрология. Ежемесячный научно-технический журнал. 2023. № 1. С. 31–42. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-1-31-42>, EDN: HTCVSN

Поступила в редакцию 19.04.2025; одобрена после рецензирования 20.05.2025; принята к публикации 29.05.2025; опубликована 30.09.2025

The article was submitted 19.04.2025; approved after reviewing 20.05.2025; accepted for publication 29.05.2025; published 30.09.2025