

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2026-1-51-68>

УДК 551.5

Крупномасштабная атмосферная циркуляция летом 2025 года в Северном полушарии и ее роль в формировании экстремальных погодных условий на территории России

***К.А. Сумерова¹, В.М. Хан^{1,2},
В.А. Тищенко¹, Р.М. Вильфанд¹***

*¹Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, г. Москва, Россия;*

*²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова
Российской академии наук, г. Москва, Россия
sum-ksusha@yandex.ru*

В работе проведено комплексное исследование крупномасштабных метеорологических и циркуляционных особенностей летнего сезона 2025 года в Северном полушарии. На основе анализа полей геопотенциала, приземного давления, температуры воздуха, осадков, индексов атмосферной циркуляции, температуры поверхности океана и состояния морского льда исследованы особенности атмосферных процессов в Северном полушарии и их влияние на экстремальные погодные явления на территории Российской Федерации летнего сезона 2025 года. Выявлена определяющая роль меридиональных форм циркуляции: устойчивой ложбины над Европейской территорией России и блокирующего антициклона над Сибирью. Установлены связи между фазами индексов атмосферной циркуляции (EU, POL, WA) и режимами температуры, осадков, а также состоянием морского льда в Арктике. Результаты комплексного анализа имеют значение для совершенствования сезонных прогнозов и оценки климатических рисков.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, крупномасштабная атмосферная циркуляция, температура поверхности океана, индексы циркуляции, лед в Арктике, экстремальные, неблагоприятные и опасные погодные явления, волны тепла, сильные осадки, засуха, экономические последствия

Large-Scale Atmospheric Circulation over the Northern Hemisphere in Summer of 2025 and Its Contribution to Extreme Weather in Russia

***K.A. Sumerova¹, V.M. Khan^{1,2},
V.A. Tishchenko¹, R.M. Vilfand¹***

¹Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia;

*²A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
sum-ksusha@yandex.ru*

This study presents a comprehensive analysis of large-scale meteorological and circulation anomalies during the summer season of 2025 in the Northern Hemisphere. Based on the analysis of the fields of geopotential height, surface pressure, air temperature, precipitation, atmospheric circulation indices, sea surface temperature, and sea ice conditions, the paper investigates the features of atmospheric processes in the Northern Hemisphere and their role in triggering extreme and high-impact weather events across Russia in the summer season of 2025. The key role of meridional circulation patterns was revealed: a stable trough over the European part of Russia and a blocking anticyclone over Siberia. Relationships between the phases of the atmospheric circulation indices (EU, POL, WA) and temperature regimes, precipitation patterns, as well as the state of Arctic sea ice are determined. The results of the comprehensive analysis are important for improving seasonal forecasts and assessing climate risks.

Keywords: air temperature, precipitation, large-scale atmospheric circulation, sea surface temperature, circulation indices, Arctic sea ice, extreme, adverse, and severe weather events, heat waves, heavy precipitation, drought, economic impacts

Введение

В условиях наблюдаемого изменения климата [16] особую актуальность приобретает анализ особенностей атмосферной циркуляции, определяющих пространственно-временное распределение неблагоприятных и опасных метеорологических явлений [14]. Летний сезон 2025 года в Северном полушарии занял третью позицию в ряду самых теплых за 176-летний период наблюдений, со средней аномалией температуры воздуха $+1.27$ °C. Десять наиболее теплых летних сезонов в ранжированном ряду приходятся на период начиная с 2015 года. Над континентальными районами Северного полушария аномалия составила $+1.47$ °C, что соответствует пятому рангу за всю историю инструментальных наблюдений с 1851 года [20]. Несмотря на выраженный долгосрочный тренд к повышению температуры воздуха, региональные климатические аномалии демонстрируют значительную межгодовую изменчивость, обусловленную сложным взаимодействием различных пространственно-временных масштабов атмосферных процессов [23].

Изучение циркуляционных механизмов, которые формировали аномальные погодные условия в летний период, имеет важное теоретическое и прикладное значение. Теоретическая значимость работы заключается в углублении понимания механизмов взаимодействия между крупномасштабной циркуляцией, региональными аномалиями и процессами в Арктической климатической системе. Полученные результаты комплексного анализа могут быть полезны при усовершенствовании гидрометеорологических прогнозов и оценке рисков для ключевых отраслей экономики (энергетика, сельское хозяйство, транспорт), подверженных влиянию экстремальных погодных явлений.

Особый интерес представляет анализ роли макроциркуляционных индексов в формировании термического режима и условий увлажнения на территории Северной Евразии [7, 28]. При этом подтверждается, что

существенный вклад в региональные климатические аномалии вносят процессы в Арктической зоне, где наблюдаемое уменьшение площади морского льда может оказывать влияние на характеристики атмосферной циркуляции в умеренных широтах Северного полушария [11].

Целью настоящего исследования является комплексный анализ особенностей атмосферной циркуляции в Северном полушарии, термического режима и условий увлажнения в Северной Евразии с выделением опасных явлений на территории Российской Федерации в летний сезон 2025 года.

В рамках работы проводилось выявление пространственно-временной структуры аномалий поля геопотенциала в стратосфере, средней тропосфере и приземного давления; анализ связи циркуляционных условий с фазами основных макроциркуляционных индексов; исследование особенностей распределения аномалий поля температуры поверхности океана, термического режима и распределения осадков в приземном слое; оценка состояния морского ледяного покрова Арктики и проведение анализа пространственно-временного распределения опасных и неблагоприятных метеорологических явлений.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положен анализ пространственно-временной изменчивости макромасштабных метеорологических параметров Северного полушария за летний сезон 2025 года. Для выполнения работы использован комплекс методов, включая синоптико-климатический анализ, расчет индексов атмосферной циркуляции и статистическую обработку рядов данных.

Исходные метеорологические поля геопотенциала на стандартных изобарических поверхностях (AT-10, AT-500), приземного давления, температуры поверхности океана, приземного воздуха и атмосферных осадков получены из базы данных реанализа ERA5 Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды [13]. Рассматривались восемь индексов атмосферной циркуляции, являющихся количественными характеристиками состояния атмосферы: Восточно-атлантическое колебание (EA), Арктическое колебание (AO), Североатлантическое колебание (NAO), Западно-атлантическое колебание (WA), Евразийское колебание (EU), Полярное колебание (POL), Тихоокеанское-северо-американское колебание (PNA), Западно-тихоокеанское колебание (WP).

Расчет индексов макроциркуляции выполнен по методике, предложенной в работах [2, 3]. Данные о состоянии морского ледяного покрова Арктики получены на основе пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS-AMSR2, предоставленные ФГБУ «ААНИИ». Для анализа климатических аномалий привлекались актуальные информационные отчеты климатического мониторинга из Национального центра данных по снегу и льду [21] и Национального центра по прогнозам окружающей среды NOAA [20]. Также использованы данные об опасных

погодных явлениях и агрометеорологические бюллетени ФГБУ «Гидрометцентр России».

Результаты

Циркуляционные условия летнего сезона в Северном полушарии

В стратосфере в осредненном за летний сезон поле геопотенциала на уровне АТ-10 сохранялся характерный для теплого времени года режим циркуляции. Циркумполярный антициклон с центром над Северным полюсом был близок к норме по интенсивности. Анализ интенсивности и положения циркумполярного антициклона за июль и август также не выявил отклонений от нормы. Единственным исключением стал июнь, когда над полярным регионом отмечались отрицательные аномалии геопотенциала, что свидетельствует о временном ослаблении стратосферного антициклона. Переход к зимнему режиму циркуляции осуществился в третьей декаде августа 2025 года.

Осредненное за летний период поле геопотенциала на уровне АТ-500 характеризовалось значительной пространственной неоднородностью, с выраженной меридиональной составляющей (рис. 1а). Над Европейской территорией России (ЕТР) практически весь сезон располагалась обширная область отрицательных аномалий. Она была связана с квазистационарной ложбиной, распространявшейся от околполярного вихря. Формирование данной ложбины отражается преобладанием отрицательной фазы Евразийской моды EU, которая была наиболее выражена в июле (индекс -0,91) [3].

Положительная фаза NAO, наблюдавшаяся в течение лета, не оказала доминирующего влияния на формирование погодных условий в восточно-европейском регионе. Основную роль здесь сыграла устойчивая отрицательная фаза EU, поддерживавшая квазистационарную ложбину над ЕТР. Именно этот процесс определял режим погоды в сезоне, в то время как влияние NAO оказалось вторичным и локализовалось преимущественно в западной части Евразийского континента.

Формирование мощного высотного антициклона над Сибирью и полуостровом Таймыр в августе (аномалии +21 дам) согласуется с резким смещением индекса Полярного колебания (POL) в отрицательную фазу до -1.13. Одновременно с этим наблюдавшиеся в течение всего лета положительные аномалии геопотенциала в высоких широтах поддерживались устойчивой отрицательной фазой WA (со значениями около -1.10 в июне-июле), с которой связаны меридиональная форма циркуляции и возникновение блокирующих процессов в арктическом регионе [28].

В тихоокеанском регионе ослабление алеутской ложбины околполярного циклона, соответствующее отрицательной фазе WP, сменилось в августе формированием хорошо выраженного высотного гребня над западом Северной Америки. Данная перестройка оказалась синхронна со сменой знака Тихоокеанско-Североамериканского индекса (PNA) с отрицательного на статистически значимое положительное значение (+0.86).

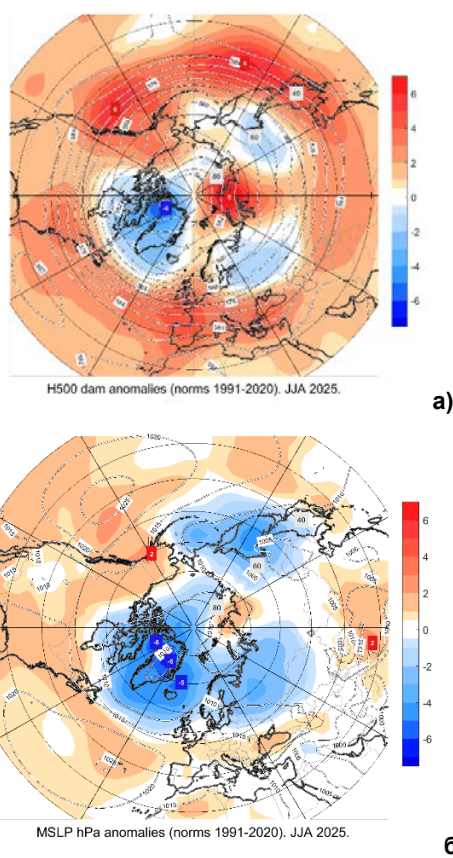


Рис. 1. Карта осредненных за летний сезон 2025 г. аномалий и значений геопотенциала на поверхности АТ-500 (а) и приземного давления (б). Аномалии рассчитаны относительно периода 1991–2020 гг. по данным реанализа ERA5.

Fig. 1. Map of anomalies relative to the period 1991-2020 and geopotential values on the surface of АТ-500 (а) and mean sea level pressure (б) averaged over the summer season 2025 according to ERA5 reanalysis.

Лето 2025 года характеризовалось устойчивым меридиональным характером атмосферной циркуляции в средних и высоких широтах. Квазистационарные барические образования, такие как обширная ложбина над восточноевропейским сектором и сопряженные с ней блокирующие антициклоны в сибирско-арктическом регионе стали определяющими погодный режим процессами сезона.

По данным Климатического и прогностического центра CPC NOAA, в течение летнего сезона 2025 г. в тропической зоне Тихого океана сохранялись условия, определяемые нейтральной фазой Эль-Ниньо (ENSO) [10]. Это означает, что данный фактор не оказывал значительного влияния на циркуляционные процессы в умеренных широтах Северного полушария

в прошедшем сезоне [19]. Из чего следует, что наблюдавшиеся аномалии в барическом поле Северного полушария, такие как устойчивая ложбина над ЕТР (связанные с отрицательной фазой EU) и интенсивные антициклоны над Сибирью (отрицательная фаза POL), были в первую очередь обусловлены внутренней изменчивостью циркуляции атмосферы средних широт и региональными взаимодействиями в системе «океан – атмосфера – суша» [15].

Результаты анализа поля приземного давления соответствуют особенностям, выявленным в циркуляции в средней тропосфере (рис. 1б). В Атлантике были хорошо выражены оба центра действия атмосферы: глубокий Исландский минимум (с аномалией до -6 гПа над Гренландией) и обширный Азорский антициклон (с центром в районе Азорских островов). Эта конфигурация соответствует положительной фазе NAO, наблюдавшейся в летнем сезоне (табл. 1).

Таблица 1. Индексы атмосферной циркуляции за летний сезон
Table 1. Atmospheric Circulation Indices for the Summer Season

Индекс	Июнь	Июль	Август
EA	-0.51	-0.03	-0.23
NAO	1.03	0.62	0.26
AO	1.50	0.25	-0.13
WA	-1.10	-1.06	-0.38
EU	-0.35	-0.91	-0.42
POL	0.93	-0.08	-1.13
WP	-0.74	-0.83	-0.78
PNA	-0.31	-0.24	0.86

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения индексов, имеющие статистическую значимость для анализа.

Однако синоптическая обстановка над Европой часто определялась формированием устойчивых блокирующих антициклонов. Частое влияние отрогов Азорского максимума на Западную и Центральную Европу [9] в июне, а также формирование самостоятельных антициклонов над севером Европы в июле, нарушали классическую для положительной фазы NAO схему западно-восточного переноса. Формирование блокирующих антициклонов привело к меридиональным траекториям циклонов и обусловило положительные аномалии давления над Центральной и Южной Европой. Одновременно устойчивая отрицательная фаза EU (табл. 1) [28], проявившаяся на уровне АТ-500 в виде квазистационарной ложбины, на приземных картах выразилась в виде обширной области отрицательных аномалий давления над Скандинавией, ЕТР, Уралом и Западной Сибирью. Это подтверждает роль EU как ключевого модального индекса, определявшего погодные условия в восточноевропейском регионе летом 2025 года.

Формирование интенсивного приземного антициклона над Таймыром в августе (аномалия +8 гПа) является прямым следствием процессов в средней тропосфере, где в этот период образовалась блокирующая структура, и находит количественное выражение в резко отрицательном значении индекса Полярного колебания [26]. Усиление антициклонической активности в высоких широтах в течение сезона также поддерживалось устойчивой отрицательной фазой WA [28], способствовавшей меридиональным формам циркуляции. Устойчивость блокирующих процессов над Сибирью и Арктикой, наблюдавшихся в летнем сезоне, согласуется с современными исследованиями, указывающими на интенсификацию процессов блокирования в высоких широтах [29].

Конфигурация приземных ЦДА в Тихом океане отражается индексами атмосферной циркуляции. Смещение к западу и заполнение Алеутского минимума соответствовало отрицательной фазе WP. Последующее восстановление Алеутского минимума в августе совпало с переходом PNA в резко положительную фазу (+0.86), что типично для формирования гребня высокого давления над западом Северной Америки и углубления ложбины в восточной акватории Тихого океана [7].

Распределение аномалий температуры поверхности океана в Северном полушарии и ледовая обстановка в Арктике

На большей части акватории Тихого океана в Северном полушарии преобладали положительные аномалии температуры поверхности океана (ТПО), достигавшие максимума (+2–3 °C) в западных частях океанов. Такая конфигурация аномалий ТПО способствует усилению термической конвекции над западной частью Тихого океана и генерирует возмущения в барическом поле, оказывая влияние на планетарный волновой поток в атмосфере. Это, в свою очередь, могло отразиться на положении и глубине Алеутской депрессии [5]. Пространственное распределение аномалий ТПО с противоположными знаками в западной (положительные) и восточной (отрицательные) частях северо-тихоокеанского бассейна соответствовало отрицательной фазе Тихоокеанской декадной осцилляции (PDO) [18].

В условиях нейтральной фазы ENSO, отрицательная фаза PDO, наблюдавшаяся в сезоне 2025 г, обусловила формирование характерной структуры барических систем над северной частью Тихого океана: усиление и смещение к северо-востоку океана центра Гавайского антициклона, что привело к смещению Алеутского барического минимума к западу, в сторону дальневосточных регионов России, при сохранении устойчивой отрицательной фазы WP [18].

В Атлантическом океане положительные аномалии ТПО были менее выражены. Область отрицательных аномалий ТПО к югу от Гренландии и в море Баффина, наблюдавшаяся на фоне положительной фазы NAO, могла быть связана в этом районе с усилением выноса холодных вод и дрейфующего льда с севера, что нивелировало общий прогрев океана.

Значительный прогрев акватории Карского моря (аномалии ТПО до $+3 - +4$ °С), связанный с усиленным выносом теплых атлантических вод по системе течений, продолжающих Гольфстрим: Норвежского, Западно-Новоземельского, Восточно-Новоземельского, создавал устойчивый источник тепла и влаги для приводного слоя атмосферы [23]. Это могло быть одной из основных причин увеличения высот геопотенциала в нижней тропосфере и быть дополнительным фактором длительной устойчивости антициклона, сформировавшегося над севером Сибири и Таймыром в августе. Таким образом, аномально прогретая поверхность океана способствует увеличению высоты геопотенциала в нижней и средней тропосфере, что создает условия, способствующие развитию блокирующих западно-восточный перенос ситуаций в тропосфере [22].

Ледовая обстановка на акваториях районов российского сектора Северного Ледовитого океана характеризовалась к середине сезона экстремально низкой ледовитостью в Баренцевом и Карском морях, что согласуется с зафиксированными здесь крупными положительными аномалиями температуры поверхностного слоя воды. Аналогичная ситуация наблюдалась в Канадском секторе Арктики (Гудзонов залив и море Баффина). Ранние сроки очищения ото льда акваторий моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря также соответствовали общей тенденции потепления последних лет. В июле аномально низкая площадь ледяного покрова сохранилась в Баренцевом, Карском морях, море Лаптевых, на западе Восточно-Сибирского моря. Таким образом, подтверждается устойчивое воздействие на регион положительных аномалий ТПО и преобладание способствующих таянию льда циркуляционных режимов атмосферы, связанных с отрицательной фазой индекса WA. К завершению июля по данным мониторинга, выполняемому в ФГБУ «ААНИИ», на участке трассы Северного морского пути в Карском море, за исключением подходов к проливу Вилькицкого и архипелагу Северная земля, льда не было, у восточного побережья Новой Земли сохранялся остаток Новоземельского ледяного массива, его площадь была на 14 % меньше нормы [1]. Окончательное очищение трассы Северного морского пути ото льда на востоке произошло только после 20 сентября. В юго-восточной части Баренцева моря очищение моря ото льда наблюдалось в сроки на 10–20 суток раньше нормы, в море Лаптевых, Восточно-Сибирском море и в юго-западной части Чукотского моря – в сроки на 5–10 суток раньше нормы, местами в сроки, близкие к норме. Таким образом, в середине теплого сезона в российском секторе Арктики на западе наблюдались более легкие, чем обычно, ледовые условия, в то время как на востоке они были, в основном, близкими к норме, местами более тяжелыми. Так называемая «ледовая опозиция», заключающаяся в различии ледовых условий на западе и востоке российского сектора Арктики, сохранялась в 2025 году с прошлого сезона. В Канадском секторе Арктики, на фоне близких к средним темпам таяния в августе, произошло значительное сокращение площади льда в море

Бофорта, вызванное устойчивым трансполярным переносом относительно теплых воздушных масс с юго-запада – из Восточной Сибири и Монголии.

Пространственное распределение аномалий температуры приземного воздуха

В осредненном за сезон поле приземных температурных аномалий наблюдалась хорошо выраженная пространственная неоднородность, отражающая взаимодействие основных атмосферных макроциркуляционных процессов. Положительные аномалии температуры воздуха над Европой и югом ЕТР соответствовали зонам влияния антициклональных циркуляционных режимов, в то время как близкие к норме температуры на севере и в центре ЕТР являются прямым следствием устойчивой циклонической деятельности, связанной с отрицательной фазой Евразийской моды (EU) [28]. Значительные положительные аномалии температуры воздуха в сибирском регионе, особенно в районе Обской губы, были обусловлены меридиональной адвекцией тепла в условиях интенсивных антициклональных процессов [15]. На Дальнем Востоке преобладал близкий к норме термический режим, что согласуется с влиянием активной циклонической деятельности, характерной для отрицательной фазы WP [7].

Летом 2025 года над Евразией отмечалась выраженная внутрисезонная изменчивость термического режима (рис. 2а). Период развития крупных отрицательных аномалий температуры воздуха в июне-июле был вызван влиянием устойчивой ложбины над ЕТР (отрицательная фаза EU), что ограничивало радиационный прогрев в северных и центральных районах [1, 2]. В августе произошла существенная перестройка циркуляционной системы. С формированием интенсивного антициклона над полуостровом Таймыр (резко отрицательная фаза POL) и установлением положительной фазы PNA усилилась южная меридиональная составляющая переноса воздушных масс [29]. Это привело к адвекции тепла в арктические районы [23], интенсивному таянию морских льдов в море Бофорта и увеличению температуры воздуха над западом Северной Америки [8].

Такая макроциркуляционная перестройка в тропосфере обусловила пространственное перераспределение термических аномалий и изменение режима увлажнения в августе по сравнению с первой половиной лета. Наблюдаемые изменения наглядно демонстрируют макромасштабный характер взаимодействия атмосферных процессов, различающихся по генезису и пространственно-временным масштабам [12].

Распределение осадков в Европе и на ЕТР демонстрирует выраженную связь с преобладавшими барическими условиями (рис. 2б). На большей части Европы количество осадков оказалось близким к норме, однако выделяются зоны значительного дефицита осадков: на западе Пиренейского полуострова, западе Франции, на Британских островах и юго-востоке Европы, что соответствует районам устойчивых антициклональных систем

[30]. Над ЕТР пространственное распределение осадков носило контрастный характер: дефицит осадков наблюдался на крайнем юге, при избытке в центральных районах, что полностью согласуется с положением основной оси циклонической деятельности, связанной с отрицательной фазой EU [28].

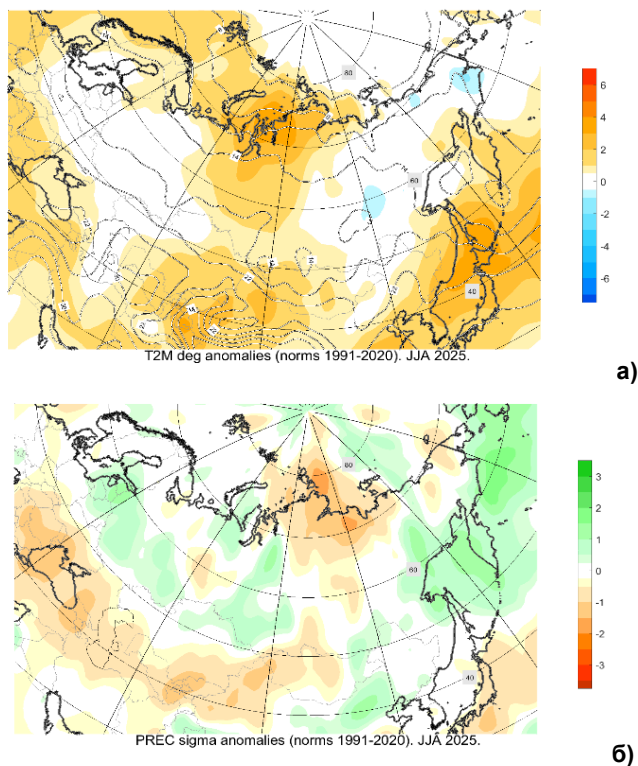


Рис. 2. Карта осредненных за летний сезон 2025 г. аномалий приземной температуры (а) и осадков (б) воздуха на территории Северной Евразии. Аномалии рассчитаны относительно периода 1991–2020 гг. по данным реанализа ERA5.

Fig. 2. Map of anomalies relative to the period 1991–2020 for surface air temperature (a) and precipitation (б) averaged over the summer season over North-Eurasia 2025. According to ERA5 reanalysis.

В Сибири и Центральной Азии распределение осадков в зависимости от атмосферно-циркуляционных факторов также было разным. Избыток осадков на северо-западе Сибири соответствовал районам наиболее интенсивной циклонической деятельности, в то время как дефицит в Восточной Сибири и Якутии (за исключением северо-востока республики) связан с преобладанием антициклональных условий [6]. В странах Центральной Азии отмечен избыток осадков на севере Казахстана при значительном их дефиците на юге региона, что отражает особенности положения полярной

фронтальной зоны и влияния на эту территорию субтропической антициклональной системы [25].

Для более полного описания условий увлажнения умеренных и полярных климатических поясов Северного полушария в летний сезон 2025 года отметим, что пространственное распределение осадков над Северной Америкой соответствовало циркуляционной обстановке. Избыток осадков на западе Аляски был вызван активной циклонической деятельностью в районе Алеутской депрессии, в районе Великих озер и северо-востока Канады – усиленным фронтогенезом в условиях меридиональной циркуляции [27]. Повышенное увлажнение на Камчатке и в северной части Хабаровского края обусловлено орографическим усилением осадков на наветренных склонах при активном переносе влажных воздушных масс с Тихого океана.

Анализ экстремальных гидро- и агрометеорологических явлений на территории Российской Федерации

Пространственно-временное распределение опасных погодных явлений летнего сезона 2025 года является следствием возникновения особенностей атмосферной циркуляции. В рамках исследования были выявлены и проанализированы три вида экстремальных событий: волны тепла, эпизоды интенсивных осадков и условия сельскохозяйственной засухи.

Развитие волн тепла было связано с возникновением устойчивых антициклональных режимов циркуляции в различных регионах Российской Федерации (табл. 2). На юге Сибирского (в июне и завершении июля) и Дальневосточного федеральных округов (в июне) волны тепла формировались а) при устойчивой адвекции теплых воздушных масс с юга и б) формированием областей повышенного геопотенциала в средней тропосфере. В Северо-Западном, Центральном и Южном федеральных округах (с июля по август) экстремальный прогрев также был обусловлен формированием высотных антициклонов над Восточной Европой и выносом прогретых воздушных масс с Европы. Под воздействием интенсивной адвекции тепла оказалась значительная часть территории ЕТР.

Периоды экстремальных осадков, вызвавших подтопления городских территорий, затопление приусадебных участков, размыв дорожного полотна и нарушения в работе транспорта, были обусловлены активной циклонической деятельностью над различными регионами России. В данной работе были выявлены сроки и продолжительность экстремальных осадков в Уральском, Сибирском, Центральном, Приволжском, Южном и Дальневосточном федеральных округах. Интенсивные осадки наблюдались при перемещении глубоких циклонов и их серий, формировании малоподвижных фронтальных разделов, а также при орографическом влиянии на перенос влаги систем атмосферной циркуляции. Данные явления на ЕТР являются прямым следствием увеличения повторяемости и активности циклонов в зонах отрицательных аномалий геопотенциала на среднем уровне тропопаузы и отрицательной фазой индекса циркуляции атмосферы

ЕУ. На Дальнем Востоке интенсивные осадки были вызваны смещением к западу Алеутской депрессии и активным выносом на побережье влажных воздушных масс с акватории Тихого океана. Кроме того, на увеличение осадков также оказало влияние развитие летней фазы Тихоокеанского муссона, с которой связаны продолжительные дожди в прибрежных и континентальных районах региона.

Таблица 2. Аномальная жаркая погода в регионах России
Table 2. Heatwaves in Russian Regions

Территория	Даты	Явление	Ущерб и последствия
Сибирский федеральный округ			
Новосибирская обл., Алтайский край	1-7.06, 11-20.06	Аномально жаркая погода, до 30...38 °С	Нет данных
Иркутская область	21-25.06	Сильная жара, до 35...40 °С	Развитие атмосферно-почвенной засухи и суховеи в степной зоне
Алтайский край, Новосибирская обл., Республика Алтай	25-31.07	Аномально жаркая погода, до 29,5...39,1 °С	Нет данных
Дальневосточный федеральный округ			
Республика Бурятия	20-25.06	Сильная жара, до 35...40 °С	Почвенная засуха, суховеи, отключения электроэнергии
Забайкальский край	21-27.06	Сильная жара, до 35...38 °С	Почвенная засуха, суховеи, увеличение площадей лесных пожаров
Приморский край (восток)	23-27.06	Аномально жаркая погода (среднесуточная температура выше нормы на 7 °С)	Нет данных
Северо-Западный федеральный округ			
Республика Карелия, Ленинградская обл., г. Санкт-Петербург	25-31.07	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-10 °С)	Нет данных
Архангельская область	26-31.07, 01-05.08	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-10 °С)	Нет данных
Ненецкий АО	8-13.08	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-11 °С)	Нет данных

Территория	Даты	Явление	Ущерб и последствия
Центральный федеральный округ			
Тульская область	9-12.07	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-9 °С)	Нет данных
Смоленская, Калужская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Ивановская, Ярославская, Воронежская обл.	9-13.07	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-10 °С)	Нет данных
Белгородская область	8-12.07	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-9,4 °С)	Нет данных
Южный федеральный округ			
ДНР	8-12.07	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7-9 °С)	Нет данных
ЛНР	9-13.07	Аномальная жара (среднесуточная температура выше нормы на 7,0-9,9 °С)	Нет данных

Пространственно-временное распределение волн тепла и экстремальных осадков полностью согласуется с выявленным в ходе исследования преобладанием меридиональных структур ведущего потока в полях геопотенциала и расположения аномалий в полях приземного давления, что говорит о влиянии крупномасштабных циркуляционных факторов как основных на региональные риски возникновения опасных гидрометеорологических явлений.

Особую значимость в сезоне имело развитие агрометеорологической засухи на юге ЕТР, где с весны сложились условия для последующего наступления как почвенной, так и атмосферной засухи. На основе анализа агрометеорологических бюллетеней Гидрометцентра России исследованы условия возникновения и эволюции засухи на юге ЕТР. Для фиксации наступления почвенной засухи использовались критерии о количестве запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы, для атмосферной – отсутствие эффективных осадков и определенные значения температуры воздуха [4]. Уже в первой декаде мая в Республике Крым отмечались повреждения сельскохозяйственных культур, а к июню ситуация усугубилась. В течение июня–августа в Южном федеральном округе, на Северном Кавказе и местами в Приволжском и Центральном федеральных округах

отмечались почвенная засуха и суховеи. Критический дефицит почвенной влаги в сочетании с аномально высокой температурой воздуха создал неблагоприятные условия для развития большинства сельскохозяйственных культур, приведя к характерным повреждениям растений, а в августе – к полному высыханию части посевов.

Условия агрометеорологической засухи, сложившиеся в летний сезон 2025 года, были обусловлены устойчивым положением высотного барического гребня и связанного с ним антициклонального режима погоды у Земли над южными регионами ЕТР. Анализ развития синоптической обстановки, вызвавшей засушливые условия на юге ЕТР, позволил выявить следующее. В июне юг ЕТР находился под влиянием передней части обширного высотного барического гребня, зафиксированного на картах АТ-500, распространявшегося с запада, при этом с севера, по западной периферии глубокой ложбины околополярного циклона, осуществлялся вынос сухого континентального и быстро прогревающегося воздуха.

На приземных картах эта высотная структура проявлялась как влияние восточной периферии Азорского антициклона, на котором при взаимодействии с полем высокого давления над Баренцевым морем сформировался антициклон, медленно смещавшейся на юг с северо-востока Европы. Этот процесс в тропосфере стал причиной дефицита осадков и аномально высокой температуры воздуха в приземном слое, создав условия, неблагоприятные для развития большинства сельскохозяйственных культур. В июле синоптическая обстановка отличалась сильно выраженной изменчивостью. Синоптические процессы были неустойчивы, наблюдались кратковременные распространения высотных барических гребней на юг ЕТР, сменявшиеся прохождением высотных ложбин и связанных с ними циклонов. выпадающие осадки временно снижали проявления засушливой ситуации, но их было недостаточно для компенсации сложившегося дефицита почвенной влаги, большая часть осадков испарялась, не достигая корневой системы растений. В целом агрометеорологические условия в июле оставались неблагоприятными, редкие дожди не могли коренным образом улучшить состояние поврежденных засухой сельскохозяйственных культур. В августе синоптическая обстановка продолжала сохранять условия, неблагоприятные для прекращения засухи. В средней тропосфере над югом ЕТР располагался высотный барический гребень, распространяющийся со Средиземного моря и приведший к взаимодействию отрога Азорского антициклона с антициклоном над Карским морем. Эта устойчивая барическая структура продолжала ограничивать прохождение циклонов, способствовала преобладанию малооблачной погоды с дефицитом осадков.

Таким образом, частое возникновение приземных антициклонов и связанное с ними блокирование западно-восточного переноса влажных воздушных масс стало ключевым фактором возникновения продолжительной засухи в южных областях ЕТР и ее негативного влияния на аграрный сектор экономики.

Заключение

Проведенный комплексный анализ выявил существенные особенности атмосферной циркуляции в Северном полушарии в летний сезон 2025 года. Сезон характеризовался устойчивой меридиональной структурой циркуляции и значительной внутрисезонной изменчивостью. Сезон характеризовался комплексом взаимосвязанных процессов в атмосфере: над ЕТР сформировалась устойчивая квазистационарная ложбина, в то время как в Европе отмечалась повышенная антициклональность. Кроме того, в августе над сибирско-арктическим регионом наблюдались блокирующие антициклоны, а на юге Дальнего Востока – устойчивые отрицательные аномалии приземного давления.

Пространственно-временная динамика опасных гидрометеорологических явлений напрямую зависит от выявленных аномалий атмосферной циркуляции. Волны тепла формировались в зонах устойчивого антициклогенеза, тогда как экстремальные осадки были отмечены в областях повышенной циклонической активности. Режим повышенного увлажнения в различных частях России был обусловлен выходом глубоких циклонов, формированием малоподвижных фронтальных разделов и орографическим усилением влагопереноса. Особого внимания заслуживают почвенная засуха и суховейные явления на юге ЕТР, развившиеся вследствие продолжительного влияния высотных гребней различного происхождения и связанного с ними антициклонального режима циркуляции в приземном слое. Экономические потери в сельском хозяйстве, энергетике и на транспорте, вызванные экстремальными погодными явлениями, указывают на острую необходимость в усовершенствовании систем сезонного прогнозирования и управления климатическими рисками.

Сезон продолжил устойчивую многолетнюю тенденцию к сокращению арктического ледового покрова, заняв 10 позицию в ряду минимальных значений площади льда за весь период спутниковых наблюдений. Наиболее существенное уменьшение площади льда наблюдалось в морях Баренцевом, Карском и Бофорта, что стало следствием воздействия устойчивых положительных аномалий ТПО и адвекции теплых воздушных масс в условиях меридиональной формы атмосферной циркуляции.

Выявленные аномалии атмосферной циркуляции Северного полушария были обусловлены внутренней изменчивостью в циркуляции атмосферы средних широт и региональными взаимодействиями в системе «океан – атмосфера – суша», а не воздействием со стороны тропической зоны Тихого океана. Летний сезон 2025 года продемонстрировал сложное взаимодействие факторов разного масштаба – от глобального тренда к потеплению до региональных циркуляционных аномалий, обусловивших контрастный характер погодных условий на территории Северной Евразии.

Полученные результаты имеют практическое значение для совершенствования методик сезонного прогнозирования, оценки климатических рисков для ключевых отраслей экономики и разработки адаптационных стратегий в условиях изменяющегося климата.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением устойчивости выявленных циркуляционных структур в многолетнем контексте и анализом их вклада в долгосрочные климатические тренды.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (Проект № 25-77-31009).

Список литературы

1. *Ипатов А.Ю., Иванов В.В.* Работа экспедиции «Северный полюс-42» в июне – августе 2025 года // Российские полярные исследования. 2025. № 3. С. 3-5.
2. *Киктев Д.Б., Круглова Е.Н., Куликова И.А.* Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть I. Статистический анализ и гидродинамическое моделирование // Метеорология и гидрология. 2015. № 3. С. 6-22.
3. *Куликова И.А., Киктев Д.Б., Круглова Е.Н.* Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть II. Прикладные аспекты и верификация моделей // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 21-35.
4. РД 52.88.699-2017. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении чрезвычайных ситуаций
5. *Alexander M.A., Blade I., Newman M., Lanzante J.R., Lau N.C., Scott J.D.* The atmospheric bridge: The influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans // *Journal of Climate*. 2002. Vol. 15, no. 16. P. 2205-2231.
6. *Barlow M., Hoel, A., Lyon B.* Drought in the Middle East and Central Asia // *Drought and Water Crises*. 2016. P. 421-441. CRC Press.
7. *Barnston A.G., Livezey R.E.* Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // *Monthly Weather Review*. 1987. Vol. 115, no. 6. P. 1083-1126.
8. *Baxter S., Nigam S.* Key role of the North Pacific Oscillation–West Pacific pattern in generating the extreme 2013/14 North American winter // *Journal of Climate*. 2015. Vol. 28, no. 20. P. 8109-8117.
9. *Cassou C., Terray L., Phillips A.S.* Tropical Atlantic influence on European heat waves // *Journal of Climate*. 2005. Vol. 18, no. 15. P. 2805-2811.
10. Climate Prediction Center, NOAA. Retrieved from https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
11. *Cohen J., Screen J.A., Furtado J.C., Barlow M., Whittleston D., Coumou D. et al.* Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather // *Nature Geoscience*. 2014. Vol. 7, no. 9. P. 627-637.
12. *Feldstein S.B., Lee S.* Intraseasonal and interdecadal jet shifts in the Northern Hemisphere: The role of warm pool tropical convection and sea ice // *Journal of Climate*. 2014. Vol. 27, no. 17. P. 6497-6518.
13. *Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al.* The ERA5 global reanalysis // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020. Vol. 146, no. 730. P. 1999-2049.
14. *Horton R.M., Mankin J.S., Lesk C., Coffel E., Raymond C.* A review of recent advances in research on extreme heat events // *Current Climate Change Reports*. 2016. Vol. 2, no. 4. P. 242-259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0042-x>
15. *Hoskins B.J., Karoly D.J.* The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1981, vol. 38, no. 6, pp. 1179-1196. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1981\)038<1179:TSLROA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1981)038<1179:TSLROA>2.0.CO;2)
16. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.
17. *Luo B., Luo D., Wu L., Zhong L., Simmonds I.* Winter Arctic warming and its linkage with mid-latitude atmospheric circulation and associated cold extremes: The key role of meridional potential vorticity gradient // *Advances in Atmospheric Sciences*. 2019. Vol. 36. P. 669-682. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00376-019-8191-1>
18. *Mantua N.J., Hare S.R.* The Pacific Decadal Oscillation // *Journal of Oceanography*. 2002. Vol. 58, no. 1. P. 35-44.
19. *McPhaden M.J., Zebiak S.E., Glantz M.H.* ENSO as an integrating concept in Earth science // *Science*. 2006. Vol. 314, no. 5806. P. 1740-1745.

20. National Centers for Environmental Information, NOAA. Retrieved from <https://www.ncei.noaa.gov/>
21. National Snow and Ice Data Center. Retrieved from <https://nsidc.org/home>
22. Overland J.E., Wang M. Large-scale atmospheric circulation changes are associated with the recent loss of Arctic sea ice // *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. 2010. Vol. 62, no. 1. P. 1-9.
23. Overland J.E., Francis J.A., Hall R., Hanna E., Kim S.J., Vihma T. The melting Arctic and midlatitude weather patterns: Are they connected? // *Journal of Climate*. 2015. Vol. 28, no. 20. P. 7917-7932.
24. Rogers J.C. Patterns of low-frequency monthly sea level pressure variability (1899–1986) and associated wave cyclone frequencies // *Journal of Climate*. 1990. Vol. 3, no. 12. P. 1364-1379.
25. Schiemann R., Lüthi D., Schär C. Seasonality and interannual variability of the westerly jet in the Tibetan Plateau region // *Journal of Climate*. 2008. Vol. 21, no. 9. P. 2940-2957.
26. Thompson D.W., Wallace J.M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability // *Journal of Climate*. 2000. Vol. 13, no. 5. P. 1000-1016.
27. Trenberth K.E., Guillemot C.J. Physical processes involved in the 1988 drought and 1993 floods in North America // *Journal of Climate*. 1996. Vol. 9, no. 6. P. 1288-1298.
28. Wallace J.M., Gutzler D.S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter // *Monthly Weather Review*. 1981. Vol. 109, no. 4. P. 784-812.
29. Woollings T., Barriopedro D., Methven J., Son S.-W., Martius O., Harvey B., Sillmann J., Lupo A.R., Seneviratne S. Blocking and its response to climate change // *Current Climate Change Reports*. 2018. Vol. 4, no. 3. P. 287-300. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0108-z>
30. Zverev I.I., Gulev S.K. Seasonality in secular changes and interannual variability of European air temperature // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2009. Vol. 114 (D2).

References

1. Ipatov A.Yu., Ivanov V.V. Rabota ekspeditsii “Severnyi polyus-42” v iyune – avguste 2025 goda. *Rossiiskie polyamyne issledovaniya*, 2025, № 3, s. 3-5 [in Russ.].
2. Kiktev D.B., Kulikova E.N., Kulikova I.A. Large-scale modes of atmospheric variability. Part I. Statistical analysis and hydrodynamic modeling. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2015, vol. 40, no. 3, pp. 147-159.
3. Kruglova E.N., Kulikova I.A., Kiktev D.B. Large-scale modes of atmospheric variability. Part II. The impact on the spatial distribution of temperature and precipitation on the territory of Northern Eurasia. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2015, vol. 40, no. 3, pp. 223-230.
4. RD 52.88.699-2017. Polozhenie o porjadke dejstvij uchrezhdenij i organizacij pri ugroze vozniknovenija i vozniknovenii chrezvychajnyh situacij [in Russ.].
5. Alexander M.A., Blade I., Newman M., Lanzante J.R., Lau N.C., Scott J.D. The atmospheric bridge: The influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans. *Journal of Climate*, 2002, vol. 15, no. 16, pp. 2205-2231. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<2205:TABTIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2205:TABTIO>2.0.CO;2)
6. Barlow M., Hoel, A., Lyon B. Drought in the Middle East and Central Asia. *Drought and Water Crises*, 2016, pp. 421-441. CRC Press.
7. Barnston A.G., Livezey R.E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*, 1987, vol. 115, no. 6, pp. 1083-1126. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115<1083:CSAPOL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1083:CSAPOL>2.0.CO;2)
8. Baxter S., Nigam S. Key role of the North Pacific Oscillation–West Pacific pattern in generating the extreme 2013/14 North American winter. *Journal of Climate*, 2015, vol. 28, no. 20, pp. 8109-8117. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00726.1>
9. Cassou C., Terray L., Phillips A.S. Tropical Atlantic influence on European heat waves. *Journal of Climate*, 2005, vol. 18, no. 15, pp. 2805-2811. <https://doi.org/10.1175/JCLI3506.1>
10. Climate Prediction Center, NOAA. Retrieved from https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
11. Cohen J., Screen J.A., Furtado J.C., Barlow M., Whittleston D., Coumou D. et al. . Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geoscience*, 2014, vol. 7, no. 9, pp. 627-637. DOI: 10/1038/ngeo2234

12. Feldstein S.B., Lee S. Intraseasonal and interdecadal jet shifts in the Northern Hemisphere: The role of warm pool tropical convection and sea ice. *Journal of Climate*, 2014, vol. 27, no. 17, pp. 6497-6518. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00057.1>
13. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2020, vol. 146, no. 730, pp. 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
14. Horton R.M., Mankin J.S., Lesk C., Coffel E., Raymond C. A review of recent advances in research on extreme heat events. *Current Climate Change Reports*, 2016, vol. 2, no. 4, pp. 242-259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0042-x>
15. Hoskins B.J., Karoly D.J. The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1981. Vol. 38, no. 6. P. 1179-1196. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1981\)038<1179:TSLROA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1981)038<1179:TSLROA>2.0.CO;2)
16. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.
17. Luo B., Luo D., Wu L., Zhong L., Simmonds I. Winter Arctic warming and its linkage with mid-latitude atmospheric circulation and associated cold extremes: The key role of meridional potential vorticity gradient. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2019, vol. 36, pp. 669-682. <https://doi.org/10.1007/s00376-019-8191-1>
18. Mantua N.J., Hare S.R. The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography*, 2002, vol. 58, no. 1, pp. 35-44. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1015820616384>
19. McPhaden M.J., Zebiak S.E., Glantz M.H. ENSO as an integrating concept in Earth science. *Science*. 2006, vol. 314, no. 5806, pp. 1740-1745. DOI: 10.1126/science.1132588
20. National Centers for Environmental Information, NOAA. Retrieved from <https://www.ncei.noaa.gov/>
21. National Snow and Ice Data Center. Retrieved from <https://nsidc.org/home>
22. Overland J.E., Wang M. Large-scale atmospheric circulation changes are associated with the recent loss of Arctic sea ice. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 2010, vol. 62, no. 1, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2009.00421>
23. Overland J.E., Francis J.A., Hall R., Hanna E., Kim S.J., Vihma T. The melting Arctic and midlatitude weather patterns: Are they connected? *Journal of Climate*, 2015, vol. 28, no. 20, pp. 7917-7932. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00822.1>
24. Rogers J.C. Patterns of low-frequency monthly sea level pressure variability (1899–1986) and associated wave cyclone frequencies. *Journal of Climate*, 1990, vol. 3, no. 12, pp. 1364-1379. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1990\)003<1364:polfms>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1990)003<1364:polfms>2.0.co;2)
25. Schiemann R., Lüthi D., Schär C. Seasonality and interannual variability of the westerly jet in the Tibetan Plateau region. *Journal of Climate*, 2008, vol. 21, no. 9, pp. 2940-2957. doi: 10.1175/2008JCLI2625.1
26. Thompson D.W., Wallace J.M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *Journal of Climate*, 2000, vol. 13, no. 5, pp. 1000-1016. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<1000:AMITEC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<1000:AMITEC>2.0.CO;2)
27. Trenberth K.E., Guillemot C.J. Physical processes involved in the 1988 drought and 1993 floods in North America. *Journal of Climate*, 1996, vol. 9, no. 6, pp. 1288-1298.
28. Wallace J.M., Gutzler D.S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 1981, vol. 109, no. 4, pp. 784-812. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1981\)109<0784:TITGHF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1981)109<0784:TITGHF>2.0.CO;2)
29. Woollings T., Barriopedro D., Methven J., Son S.-W., Martius O., Harvey B., Sillmann J., Lupo A.R., Seneviratne S. Blocking and its response to climate change. *Current Climate Change Reports*, 2018, vol. 4, no. 3, pp. 287-300. <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0108-z>
30. Zveryaev I.I., Gulev S.K. Seasonality in secular changes and interannual variability of European air temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2009, vol. 114 (D2). DOI: 10.1029/2008jd010624