

УДК 551.5

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РЕЖИМОВ АТМОСФЕРНЫХ АНТИЦИКЛОНОВ И ИХ СВЯЗЬ С ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ВАРИАЦИЯМИ ВО ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТΙΑ

© 2024 г. М. Г. Акперов^{а, *}, И. И. Мохов^{а, б}

^аИнститут физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Пыжевский пер., д. 3, Москва, 119017 Россия

^бМосковский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, Москва, 119992 Россия

*aseid@ifaran.ru

Поступила в редакцию 17.08.2023 г.

После доработки 30.10.2023 г.

Принята к публикации 15.11.2023 г.

Получены количественные оценки пространственных и сезонных особенностей характеристик антициклонов в атмосфере Северного полушария и их изменений в последние десятилетия с использованием данных реанализа ERA5 (1979–2021 гг.). Отмечена высокая корреляция межгодовых вариаций среднесезонной повторяемости антициклонов и приповерхностной температуры над обширными регионами во внетропических широтах Северного полушария. Согласно полученным оценкам, с вариациями среднесезонной повторяемости антициклонов связано до 60% межгодовой дисперсии приповерхностной температуры зимой и летом, а с вариациями интенсивных зимних и летних антициклонов — до 50% как над океанами, так и над континентами.

Ключевые слова: внетропические атмосферные антициклоны, приповерхностная температура, Северное полушарие, данные реанализа, тренды

DOI: 10.31857/S0002351524010023

ВВЕДЕНИЕ

Циклоны и антициклоны играют особую роль в общей циркуляции атмосферы и в формировании атмосферной изменчивости во внетропических широтах [Hartmann et al., IPCC, 2013; Мещерская и др., 2014; Интенсивные атмосферные вихри ..., 2018]. Антициклоны, характеризующиеся наличием центров высокого атмосферного давления с нисходящими воздушными потоками, играют важнейшую роль в формировании локальных погодных- климатических условий. Летом с антициклоническими условиями с повышенным притоком солнечной радиации в отсутствие облачности связаны положительные температурные аномалии. И наоборот, зимой в отсутствие облаков при антициклонических условиях повышенное выхолаживание поверхности приводит к формированию отрицательных температурных аномалий и температурных инверсий [напр., Trigo et al., 2004; Sillmann et al., 2011; Twardosz, Kossowska-Cezak, 2012; Pfahl, 2014; Antokhina et al., 2018; Okajima et al., 2021].

При изменениях климата изменяются и режимы циклонической и антициклонической активности в атмосфере. На изменчивость вихревой

активности в атмосфере влияют разные факторы, по-разному проявляющиеся в разных регионах и в разные сезоны. Первые оценки чувствительности циклонической и антициклонической активности в тропосфере внетропических широт к изменению температурного режима, в частности при глобальном потеплении, получены в [Мохов и др., 1992а, б]. Согласно полученным модельным оценкам в сопоставлении с результатами анализа данных наблюдений при общем потеплении в земной климатической системе уменьшение температурного перепада в тропосфере между экваториальными и полярными широтами способствует уменьшению скорости генерации вихрей за счет действия бароклинной неустойчивости. С другой стороны, увеличение вертикального градиента температуры в тропосфере с уменьшением статической устойчивости при потеплении способствует увеличению скорости генерации вихрей. Вихревая активность в атмосфере существенно зависит также от влагосодержания атмосферы (см. также [Интенсивные атмосферные вихри ..., 2018]).

Сильнейшие региональные температурные аномалии в разные сезоны, в том числе зимой

и летом, связаны с блокирующими антициклонами (напр., Шакина и Иванова, 2010; Мохов, Семенов, 2016; Sousa et al., 2018; Timazhev, Mokhov, 2021; Спорышев, Мирвис, 2014; Интенсивные атмосферные вихри ..., 2018; Мохов 2011; Бардин и Платова, 2019]. Согласно модельным оценкам, при глобальном потеплении увеличивается повторяемость долгоживущих блокирующих антициклонов [Мохов, Тимажев, 2019]. Следствием продолжительных антициклонических режимов являются значительные экологические, экономические и социальные последствия [Третий оценочный ..., 2022].

Цель данной работы – количественные оценки изменчивости повторяемости внетропических антициклонов в последние десятилетия, а также их вклада в формирование региональных режимов приповерхностной температуры в разные сезоны с оценкой изменений в последние десятилетия. Новизна предлагаемого подхода связана с учетом изменений размеров циклонов в течение их жизненного цикла для уточнения количественных оценок связи вклада антициклонов в формирование температурного режима.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Характеристики атмосферных антициклонов и режимов приповерхностной температуры в регионах Северного полушария (СП) определялись с использованием данных реанализа ERA5 [Hersbach, et al., 2020] с шагом по времени 6 ч и горизонтальным пространственным разрешением 0.25° для периода 1979–2021 гг. и для двух сезонов – зимы (декабрь–февраль) и лета (июнь–август).

Характеристики атмосферных антициклонов во внетропических широтах (20° – 80°) СП определялись на основе метода, описанного в [Бардин, Полонский, 2005; Bardin et al., 2005; Акперов и др., 2007] (см. также [Акперов et al., 2019; Акперов et al., 2020]) с использованием данных для приземного давления. Антициклоны определялись как области повышенного давления, ограниченные замкнутыми изобарами. Интенсивность (глубина) антициклона характеризовалась разностью между максимальным давлением в антициклоне и давлением на последней замкнутой изобаре. Размер (радиус) антициклона оценивался средним расстоянием от центра антициклона до последней замкнутой изобары.

В числе различных характеристик антициклонической активности анализировались также повторяемость антициклонов (число антициклоно-дней за сезон), повторяемость интенсивных антициклонов (с интенсивностью более 15 гПа (95% распределения количества антициклонов по их интенсивности), средняя по площади антициклона приповерхностная температура. Повторяемость антициклонов определялась с учетом их радиуса (учитывались ячейки сетки, занимаемые антициклоном). Энергетика антициклонов (кинетическая энергия) оценивалась аналогично [Голицын и др., 2007; Акперов и др., 2007; Simmonds, Keay, 2009] величиной, пропорциональной квадрату интенсивности вихря.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1а, 1б приведены средние широтно-долготные распределения повторяемости атмосферных антициклонов в атмосфере Северного полушария для зимы и лета в целом для периода 1979–2021 гг. по данным реанализа ERA5. Для зимних сезонов проявляется пояс повышенной повторяемости антициклонов в средних широтах с региональными максимумами над восточными областями океанов и континентов (рис. 1а). В летние сезоны по сравнению с зимними в целом уменьшается повторяемость антициклонов над континентами. При этом над Атлантическим и Тихим океанами отмечаются области с высокой повторяемостью антициклонов – существенно более высокой, чем для зимних сезонов (рис. 1б).

Соответствующие средние широтно-долготные распределения повторяемости наиболее интенсивных антициклонов представлены на рис. 1в, 1г. Выделяются области повышенной повторяемости наиболее интенсивных антициклонов зимой над Азией, в частности над Сибирью, а летом – над Тихим океаном. При этом повторяемость зимних интенсивных антициклонов над Северной Америкой существенно меньше, чем над Евразией, а летних – существенно меньше над Атлантическим океаном, чем над Тихим.

На рис. 1д, 1е представлены широтно-долготные распределения средней приповерхностной температуры в Северном полушарии для зимы и лета в целом для периода 1979–2021 гг. по данным реанализа ERA5. Достаточно четко проявляются сезонные особенности над континентами и океанами – с более низкой температурой над

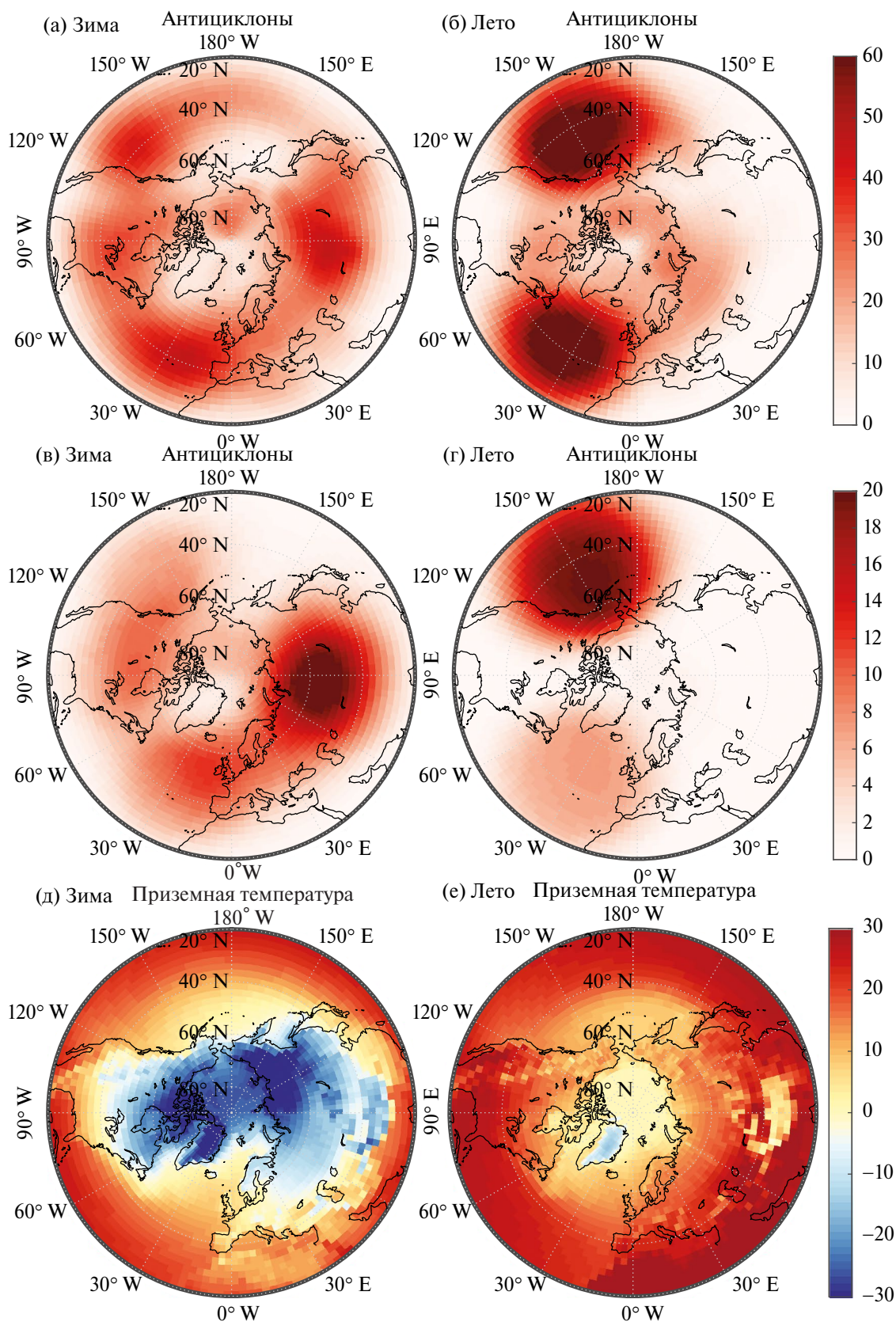


Рис. 1. Пространственные распределения средней повторяемости антициклонов [антициклоно-дни/сезон] (а, б), интенсивных антициклонов [антициклоно-дни/сезон] (в, г) и средней приповерхностной температуры [°C] (д, е) в Северном полушарии для зимнего (а, в) и летнего (б, г) сезонов по данным реанализа ERA5 для периода 1979–2021 гг.

континентами зимой и более высокой летом.

На рис. 2 приведены пространственные распределения оценок трендов повторяемости антициклонов и коэффициентов корреляции повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой во внетропических широтах Северного полушария зимой и летом по данным реанализа ERA5 для периода 1979–2021 гг. в целом.

Согласно рис. 2а проявляются обширные области статистически значимого роста повторяемости антициклонов зимой, в том числе над океанами (Атлантическим и Тихим), для восточных европейских и азиатских регионов, в атлантиче-

ском секторе Арктики, а также для североамериканских регионов. При этом над западноевропейскими регионами и в центральной Арктике отмечается значимое уменьшение повторяемости антициклонов.

Области со статистически значимыми изменениями повторяемости антициклонов в последние десятилетия для летних (рис. 2б) и зимних (рис. 2а) сезонов существенно различаются. В частности, над Арктическим бассейном в западных широтах (в том числе над Гренландией) доминируют значимые положительные тренды повторяемости антициклонов, а в восточных – отрицательные.

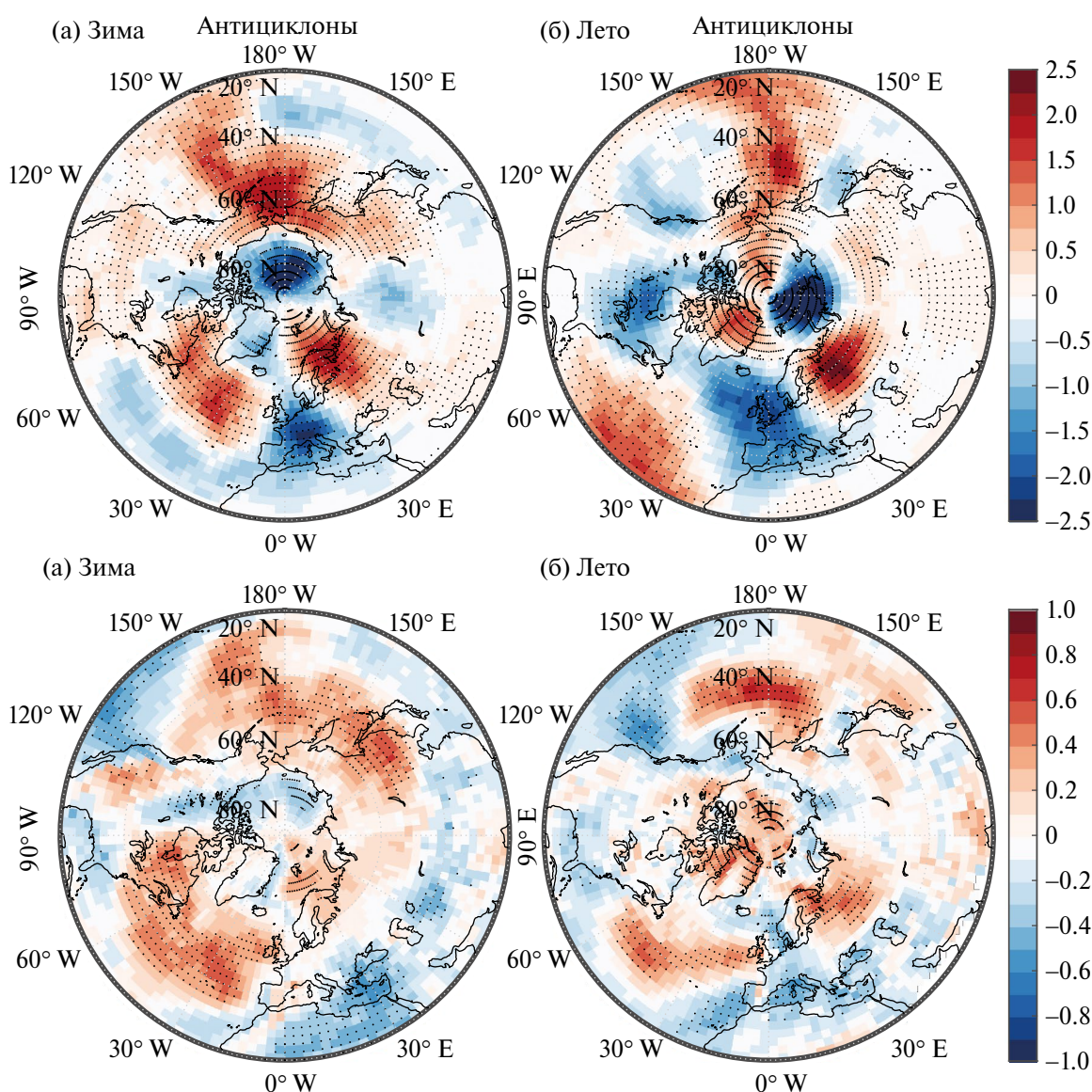


Рис. 2. Пространственные распределения оценок трендов повторяемости антициклонов [антициклоно-дни/10 лет] (а, б) и коэффициентов корреляции повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой в Северном полушарии зимой (а, в) и летом (б, г) по данным реанализа ERA5 для периода 1979–2021 гг. Точками отмечены статистически значимые на уровне 95% оценки.

Область с наибольшими положительными значимыми трендами над Тихим океаном для летних сезонов смещается в средних широтах на запад по сравнению с зимними сезонами. При этом соответствующая область над Северной Атлантикой смещается на юг. В отличие от зимних сезонов, летом над значительной областью Северной Америки проявляется значительная область со статистически значимым отрицательным трендом повторяемости антициклонов. При этом над протяженными регионами Евразии, за исключением западноевропейских регионов, отмечен рост повторяемости антициклонов.

На рис. 2 приведены также пространственные распределения для коэффициентов корреляции (с удалением трендовой составляющей) повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой во внетропических широтах Северного полушария зимой (рис. 2в) и летом (рис. 2г) по данным реанализа ERA5 для периода 1979–2021 гг. Над обширными областями отмечена значимая корреляция повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой для обоих сезонов.

Согласно рис. 2в, для зимних сезонов над океанами и континентами в средних и припо-

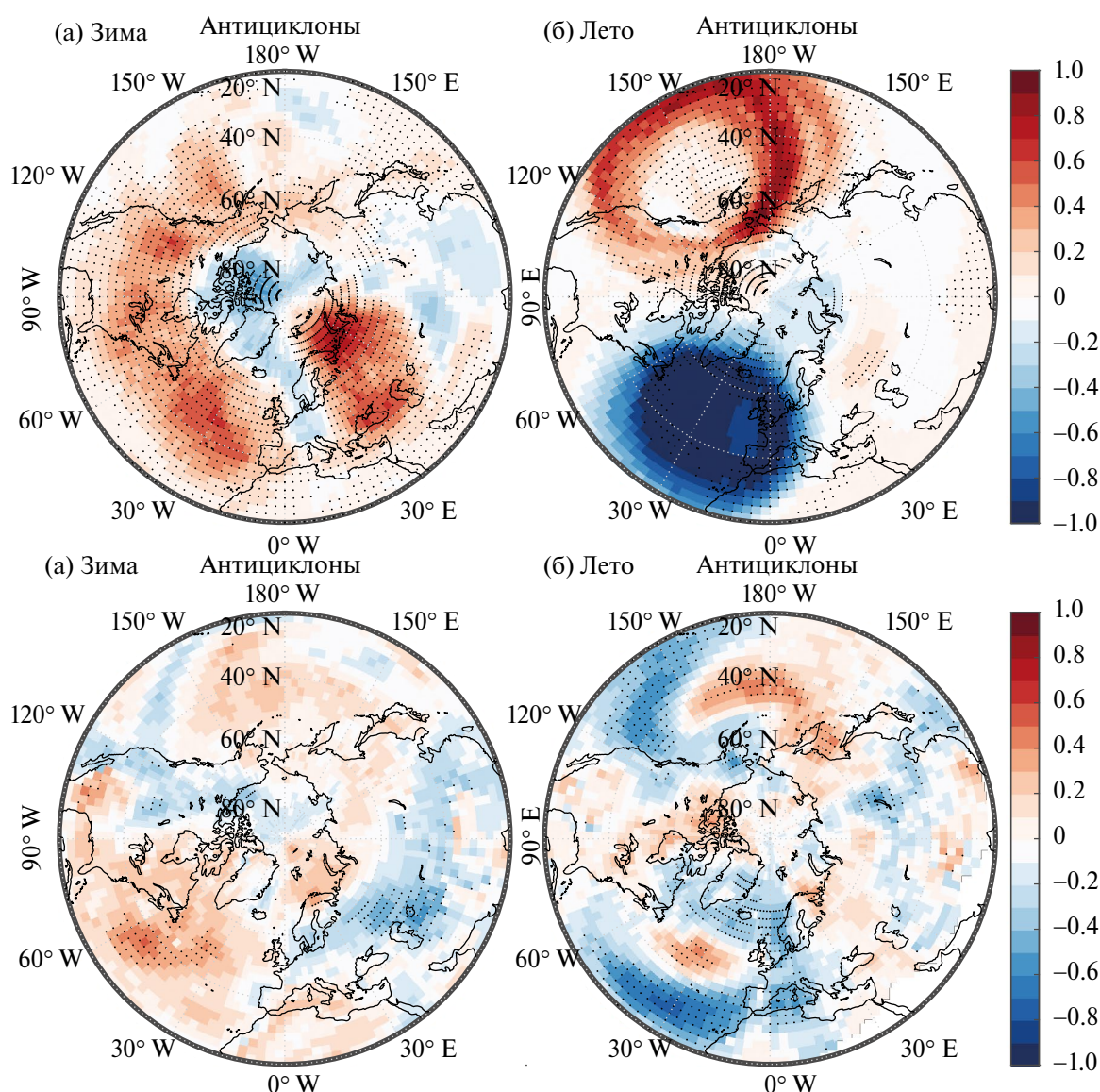


Рис. 3. Пространственные распределения оценок трендов повторяемости интенсивных антициклонов [антициклоно-дни/10 лет] (а, б) и коэффициентов корреляции повторяемости интенсивных антициклонов с приповерхностной температурой в Северном полушарии зимой (а, в) и летом (б, г) по данным реанализа ERA5 для периода 1979–2021 гг. Точками отмечены статистически значимые на уровне 95% оценки.

лярных широтах проявляется обширная область с положительной корреляцией повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой. При этом над центральными регионами Северной Америки отмечена область со значимой отрицательной корреляцией, которая тянется из арктических широт. При этом над частями Арктического бассейна проявляется значимая положительная корреляция. В более южных широтах доминируют регионы с отрицательной корреляцией повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой в зимние сезоны.

По сравнению с зимними сезонами для летних сезонов пространственное распределение для коэффициентов корреляции повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой в целом менее зональное. В частности, над восточноевропейскими регионами отмечается положительная корреляция. Области со значимой положительной корреляцией повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой над океанами для летних сезонов менее обширные, чем для зимних. При этом в средних широтах над Тихим и Атлантическим океанами проявляется также отрицательная корреляция. Особо следует отметить значимую положительную корреляцию над значительной частью Арктического бассейна.

Судя по оценкам коэффициента детерминации (квадрат коэффициента корреляции на рис. 2), с вариациями повторяемости антициклонов связано до 60% межсезонной дисперсии приповерхностной температуры, как зимой, так и летом. В частности, это отмечается как над Тихим, так и Атлантическим океанами, а также над Евразией и Северной Америкой.

Статистически значимые тренды в последние десятилетия отмечены также для интенсивных антициклонов (с интенсивностью более 15 гПа) и зимние, и в летние сезоны (рис. 3а, 3б). Зимой отмечено статистически значимое увеличение повторяемости интенсивных антициклонов над обширными областями континентов и океанов (рис. 3а). Наиболее сильные положительные значимые тренды отмечены для восточно-европейских регионов, а также над Северной Атлантикой, регионами Северной Америки и над восточной частью Тихого океана. При этом над существенной частью Арктического бассейна в западном полушарии

проявляется отрицательный тренд повторяемости зимних интенсивных антициклонов, тогда как в восточном полушарии — в частности над Баренцевым и Карским морями — значимая положительная корреляция.

Для пространственного распределения оценок трендов летней повторяемости интенсивных антициклонов отмечены особенности с дипольной структурой — значимых отрицательных над Атлантическим океаном и значимых положительных над Тихим океаном, с соответствующими оценками трендов над прибрежными регионами континентов, а также в сопредельных арктических областях (рис. 3б).

Согласно рис. 3в, для зимних сезонов над Атлантическим океаном проявляется чередование областей со значимой корреляцией повторяемости интенсивных антициклонов с приповерхностной температурой — отрицательной над Северной Америкой и восточной Европой и положительной над Тихим океаном. Относительно небольшие области со значимой отрицательной корреляцией отмечены над континентальными регионами, в частности в районе озера Байкал и над Тихим океаном.

Для летних сезонов над Северной Атлантикой в целом проявляется статистически значимая положительная корреляция повторяемости интенсивных антициклонов с приповерхностной температурой, а над южной — отрицательная (рис. 3г). Над Тихим океаном также отмечены подобные особенности.

Судя по оценкам коэффициента детерминации, с вариациями повторяемости интенсивных антициклонов связано до 50% межгодовой дисперсии приповерхностной температуры зимой и летом как над океанами, так и над континентами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенного анализа с использованием данных реанализа ERA5 отмечены особенности пространственных распределений характеристик внетропических антициклонов, в том числе интенсивных антициклонов, и их изменений в атмосфере Северного полушария для периода 1979–2021 гг. В летние сезоны повторяемость антициклонов над континентами в целом меньше, чем в зимние, а над океанами — наоборот. При этом области наиболее высокой повторяемости наиболее интенсивных антициклонов зи-

мой отмечаются над Азией, а летом — над Тихим океаном.

Наряду со значительными различиями средних зимних и летних распределений повторяемости антициклонов во внетропических широтах Северного полушария отмечаются существенные различия трендов повторяемости антициклонов в последние десятилетия, в частности над североамериканскими регионами, в Арктике — Тихоокеанском секторе и над Гренландией. При этом и зимой, и летом над восточно-европейскими регионами отмечены значимые положительные тренды повторяемости антициклонов, а над западноевропейскими — значимые отрицательные.

Над обширными областями отмечена значимая корреляция зимней и летней повторяемости антициклонов внетропических широт Северного полушария с приповерхностной температурой для последних десятилетий. При этом для зимних сезонов над океанами и континентами в средних и приполярных широтах проявляется обширная область с положительной корреляцией повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой. Для летних сезонов пространственная структура корреляции повторяемости антициклонов с приповерхностной температурой в целом менее зональная.

Значительные различия отмечены для тенденций изменения в последние десятилетия повторяемости интенсивных антициклонов внетропических широт Северного полушария в зимние и летние сезоны. Наиболее сильные положительные значимые тренды отмечены для восточно-европейских регионов и их сопредельными арктическими акваториями, а также над Северной Атлантикой, североамериканскими регионами и над восточными областями Тихого океана. Над существенной частью Арктического бассейна отмечен отрицательный тренд повторяемости зимних интенсивных антициклонов. Для оценок трендов летней повторяемости интенсивных антициклонов отмечены особенности дипольной структуры со значимыми отрицательными трендами над Атлантическим океаном и значимыми положительными трендами над Тихим океаном, с соответствующими оценками трендов над прибрежными регионами и сопредельными арктическими областями.

Для интенсивных летних антициклонов над океанами отмечены области как с положитель-

ной, так и отрицательной статистически значимой корреляцией с приповерхностной температурой. Для зимних сезонов над Атлантическим океаном проявляется чередование областей со значимой корреляцией повторяемости интенсивных антициклонов с приповерхностной температурой — отрицательной над Северной Америкой и восточной Европой и положительной над Тихим океаном. Относительно небольшие области со значимой отрицательной корреляцией отмечены над континентальными регионами, в частности в районе озера Байкал и над Тихим океаном.

С межгодовыми вариациями повторяемости атмосферных антициклонов можно связать до 60% межгодовой дисперсии в приповерхностной температуре для зимних и летних сезонов, а с межгодовыми вариациями повторяемости интенсивных антициклонов — до 50% как над океанами, так и над континентами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-27-00780).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акперов М.Г., Мохов И.И., Дембицкая М.А., Парфенова М.Р., Ринке А. Особенности температурной стратификации и ее изменений в тропосфере арктических широт по данным реанализа и модельным расчетам // Метеорология и гидрология. 2019. № 2. С. 19–27.
- Акперов М.Г., Бардин М.Ю., Володин Е.М., Голицын Г.С., Мохов И.И. Функции распределения вероятностей циклонов и антициклонов по данным реанализа и модели климата ИВМ РАН // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т. 43. № 6. С. 764–772.
- Акперов М.Г., Елисеев А.В., Мохов И.И., Семенов В.А., Парфенова М.Р., Кениг Т. Потенциал ветровой энергетики в арктических и субарктических широтах и его изменение в XXI веке по расчетам с использованием региональной климатической модели // Метеорология и гидрология. 2022. № 6. С. 18–29.
- Акперов М.Г., Мохов И.И. Оценки чувствительности циклонической активности в тропосфере внетропических широт к изменению температурного режима // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 2. С. 129–136.
- Акперов М.Г., Мохов И.И. Сравнительный анализ методов идентификации внетропических циклонов //

- Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т. 46. № 5. С. 620–637.
- Бардин М.Ю., Полонский А.Б. Североатлантическое колебание и синоптическая изменчивость в Европейско-Атлантическом регионе в зимний период // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 2. С. 3–13.
- Голицын Г.С., Мохов И.И., Акперов М.Г., Бардин М.Ю. Функции распределения вероятности для циклонов и антициклонов в период 1952–2000 гг.: инструмент для определения изменений глобального климата // Доклады АН. 2007. Т. 413. № 2. С. 254–256.
- Интенсивные атмосферные вихри и их динамика. Под ред. И.И. Мохова, М.В. Курганского, О.Г. Чхетиани. М.: ГЕОС, 2018. 482 с.
- Мещерская А.В. и др. Атмосферная циркуляция / Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 125–170.
- Мохов И.И. Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования // Вестник РАН. 2022. Т. 92. № 1. С. 3–14.
- Мохов И.И., Акперов М.Г. Вертикальный температурный градиент в тропосфере и его связь с приповерхностной температурой по данным реанализа // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 4. С. 467–475.
- Мохов И.И. Сезонные особенности изменений повторяемости экстремальных погодно-климатических явлений в российских регионах в последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2023. (в печати)
- Мохов И.И., Чернокульский А.В., Акперов М.Г., Дюфрен Ж.-Л., Трет Э.Ле. Изменения характеристик циклонической активности и облачности в атмосфере внетропических широт северного полушария по модельным расчетам в сопоставлении с данными реанализа и спутниковыми данными // Доклады АН. 2009. Т. 424. № 3. С. 393–397.
- Мохов И.И., Мохов О.И., Петухов В.К., Хайруллин Р.Р. Влияние глобальных климатических изменений на вихревую активность в атмосфере // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1992а. Т. 28. № 1. С. 11–26.
- Мохов И.И., Мохов О.И., Петухов В.К., Хайруллин Р.Р. О влиянии облачности на вихревую активность атмосферы при изменениях климата // Метеорология и гидрология. 1992б. № 1. С. 5–11.
- Мохов И.И., Тимажев А.В. Атмосферные блокирования и изменения их повторяемости в XXI веке по расчетам с ансамблем климатических моделей // Метеорология и гидрология. 2019. № 6. С. 5–16.
- Спорышев П.В., Мирвис В.М. Антропогенная составляющая изменения климата на территории России / Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 260–277.
- Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – СПб.: Научные технологии, 2022. 676 с.
- Akperov M., Rinke A., Mokhov I.I. et al. Future projections of cyclone activity in the Arctic for the 21st century from regional climate models (Arctic-CORDEX) // Glob. Planet. Change. 2019. V. 182. P. 103005.
- Akperov M., Semenov V., Mokhov I., Dorn W., Rinke A. Impact of Atlantic water inflow on winter cyclone activity in the Barents Sea: Insights from coupled regional climate model simulations // Environ. Res. Lett. 2020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6399>
- Bardin M., Gruza G.V., Lupo A.R., Mokhov I.I., Tikhonov V.A. Quasi-stationary anticyclones in the Northern Hemisphere: An analysis of interannual and interdecadal variability and longterm trends at 1000 hPa and 500 hPa using geometric definition // Proc. 16th Symp. on Global Change and Climate Variation, 85th Ann. Meet. AMS. 2005. P. 9–13.
- Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / V. Masson-Delmotte et al. (eds.). Cambridge Univ. Press., 2021.
- Gulev S.K., Zolina O., Grigoriev S. Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data // Clim. Dyn. 2001. V. 17. № 10. P. 795–809.
- Hartmann D.L. et al. Observations: Atmosphere and surface / In: 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. et al (eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, USA. 2013. P. 159–254.
- Hersbach H.B. et al. The ERA5 global reanalysis // Q. J. R. Meteorol. Soc. 2020. V. 146. P. 1999–2049.
- Neu U., Akperov M.G., Benestad R., Blender R., Caballero R., Coccozza A., Dacre H., Feng Y., Grieger J., Gulev S., Han-

- ley J., Hewson T., Hodges K., Inatsu M., Keay K., Kew S.F., Kindem I., Leckebusch G.C., Liberato M., Lionello P., Mokhov I.I., Pinto J.G., Raible C.C., Reale M., Rudeva I., Schuster M., Simmonds I., Sinclair M., Sprenger M., Tilinina N.D., Trigo I.F., Ulbrich S., Ulbrich U., Wang X.L., Wernli H., Xia L. IMILAST – a community effort to intercompare cyclone detection and tracking algorithms: quantifying method related uncertainties // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 2013. V. 94 (4). P. 529–547.
- Okajima S., Nakamura H., Kaspi Y. Cyclonic and anticyclonic contributions to atmospheric energetics // *Sci. Rep.* 2021. V. 11. 13202.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-92548-7>
- Simmonds I., Keay K. Extraordinary September Arctic sea ice reductions and their relationships with storm behavior over 1979–2008 // *Geophys. Res. Lett.* 2009. V. 36. L19715.
<https://doi.org/10.1029/2009GL039810>
- Sun B. et al. Recent changes in cloud type frequency and inferred increases in convection over the United States and the Former USSR // *J. Climate*. 2001. V. 14. P. 1864–1880.
- Timazhev A.V., Mokhov I.I. Heat and cold waves formation in association with atmospheric blockings in the Northern Hemisphere // *Research Activities in Earth System Modelling*. E. Astakhova (ed.). 2021. Rep. 51. S. 2. P. 23–24.
- Ulbrich U., Leckebusch G.C., Grieger J., Schuster M., Akperov M., Bardin M. Yu., Feng Y., Gulev S., Inatsu M., Keay K., Kew S.F., Liberato M.L.R., Lionello P., Mokhov I.I., Neu U., Pinto J.G., Raible C.C., Reale M., Rudeva I., Simmonds I., Tilinina N.D., Trigo I.F., Ulbrich S., Wang X.L., Wernli H. and the IMILAST team. Are Greenhouse Gas Signals of Northern Hemisphere winter extra-tropical cyclone activity dependent on the identification and tracking algorithm? // *Meteorologische Zeitschrift*. 2013. V. 22. № 1. P. 61–68.

Variability of the Atmospheric Anticyclones and Their Connection with Surface Temperature Variations in Extratropical Latitudes of the Northern Hemisphere in Recent Decades

M. G. Akperov^{1,*}, I. I. Mokhov^{1,2}

¹*Obukhov Institute of Atmospheric Physics, RAS, Pyzhevsky per., 3, Moscow, 119017 Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, Moscow, 119992 Russia*

*e-mail: aseid@ifaran.ru

We obtained quantitative estimates of the spatial and seasonal features of the characteristics of anticyclones in the atmosphere of the Northern Hemisphere and their changes in recent decades using the ERA5 reanalysis data (1979–2021). A high correlation between the interannual variations of the mean seasonal recurrence of anticyclones and surface temperature over extensive regions in the extratropical latitudes of the Northern Hemisphere was noted. According to the obtained estimates, up to 60% of the interannual variance of surface temperature in winter and summer is associated with variations of the mean seasonal recurrence of anticyclones, and up to 50% with variations of intense winter and summer anticyclones.

Keywords: extratropical atmospheric anticyclones, surface temperature, Northern Hemisphere, reanalysis data, trends