

УДК 551. 464:543.30

АРКТИЧЕСКИЕ ВТОРЖЕНИЯ И МЕТЕОУСЛОВИЯ В АЗОВО- ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Холопцев А. В.¹, Подпорин С. А.², Курочкин Л. Е.²

¹*Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова», г. Севастополь, Российская Федерация*

E-mail: kholoptsev@mail.ru

²*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь, Российская Федерация*

E-mail: SAPodporin@sevsu.ru, L.kurochkin.mj@mail.ru

Предложена методика выявления арктических вторжений по результатам реанализа среднесуточных значений атмосферного давления NCEP/NCAR, которая протестирована с использованием традиционной методики и результатов фактических метеонаблюдений. На примере Азово-Черноморского региона показана ее эффективность при оценке тенденций изменчивости метеоусловий в океанических регионах, где систематических наблюдений за ними не проводилось. Отмечена актуальность подобных исследований для повышения безопасности современного судоходства.

Ключевые слова: Арктические вторжения, Азово-Черноморский регион, суммарная продолжительность, метеоусловия, тенденции, безопасность судоходства

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность и эффективность эксплуатации морских судов во многом определяется гидрометеорологическими условиями на путях их следования. Поэтому совершенствование методик оценки тенденций изменения погоды в любых регионах мира является актуальной проблемой не только гидрометеорологии, но также и современного судоходства.

Наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет для океанических регионов, в которых систематических метеонаблюдений не проводится. В таких регионах оценка тенденций межгодовой изменчивости характеристик метеоусловий возможна лишь по результатам математического моделирования, с учетом факторов, изменяющих состояние атмосферы над любыми регионами мира (глобальных либо крупномасштабных).

Согласно современным представлениям о таких факторах [1–3], к важнейшим из них принято относить изменения суммарных продолжительностей (СП) периодов существования над регионом субмеридиональных воздушных течений (СВТ), инициированных вторжениями арктического воздуха (далее ВАВ) [3]. Тем не менее, тестирование оценок тенденций рассматриваемых процессов, которые получены с учетом временных рядов СП ВАВ, сформированных с применением традиционной методики выявления ВАВ [4], для регионов, где систематические метеонаблюдения проводились, показало, что, как правило, их качество является неудовлетворительным. Одним из них является Азово-Черноморский регион, где информацию о характеристиках метеоусловий уже многие десятилетия получают многочисленные метеостанции Росгидромета. Следовательно, поиск путей повышения адекватности оценок тенденций изучаемых процессов в этом регионе,

которые получены с учетом временных рядов СП ВАВ, представляет существенный теоретический и практический интерес.

Целью исследования является повышение адекватности оценок тенденций, которые проявляются в межгодовых изменениях метеоусловий в указанном регионе, полученных с учетом временных рядов СП ВАВ.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

ВАВ уже многие десятилетия изучают отечественные и зарубежные ученые [5, 6]. Впервые об этих процессах упоминается в работе Maury M. F. “The physical geography of the sea and its meteorology” (1861 г.), однако наибольший прогресс в изучении их свойств был достигнут во второй половине XX века. Важную роль в этом сыграли исследования Б.Л. Дзердзеевского и ученых его школы [7], которыми предложено использовать расположение в некоторые сутки полос повышенного атмосферного давления (P_a), которые возникают при этих процессах, в качестве одного из основных признаков, учитываемых при типизации макроциркуляционных процессов в Северном полушарии [5–7].

Основываясь на типизации по Б.Л. Дзердзеевскому, уже многие десятилетия ведется Календарь [8], позволяющий для каждых суток с 1.01.1899 г. определить сектора данного полушария, в пределах которых происходили соответствующие ВАВ. При его составлении применяется методика их выявления, основанная на анализе суточных карт погоды [1, 3, 9]. В соответствии с ней, решение о существовании в каком-либо секторе ВАВ принимается, если между перифериями расположенного в нем компонента Арктического антициклона и соответствующего Субтропического антициклона в такие сутки выявлена полоса, где P_a превышало 1015 гПа. Подобная полоса выявляется визуально, поскольку на карте погоды ее границы отображаются указанной изобарой, следовательно, упомянутая методика весьма трудоемка и не позволяет исключить антропогенные ошибки [9].

Установлено, что протяженность по долготе таких полос может составлять от нескольких сотен, до единиц тысяч километров, а конфигурация их границ может быть весьма разнообразной. Такие барические неоднородности могут существовать до нескольких десятков суток [5]. Упомянутые полосы, где среднесуточное P_a повышается практически синхронно, образуются потому, что воздух, который участвует в ВАВ, обладает повышенной плотностью [5, 6].

Теплые и влажные воздушные массы, которые участвуют в Западном переносе, достигнув западной периферии рассматриваемой барической неоднородности, отклоняются к северу. При этом они охлаждаются, что приводит к выпадению атмосферных осадков и ухудшению видимости [10], что осложняет работу водного и воздушного транспорта. При этом непосредственно в пределах области повышенного P_a , образовавшейся при ВАВ, метеоусловия улучшаются, поскольку она блокирует поступление с запада влажного воздуха [11]. Весьма комфортными при этом метеоусловия становятся и в районах, расположенных к востоку от подобной полосы, где накапливается относительно сухой воздух, поступающий с севера, и формируется блокирующий антициклон [11, 12]. Зимой его образование

приводит к резкому усилению морозов, которое сопровождается полным прекращением выпадения атмосферных осадков. Летом в области такого антициклона выпадение фронтальных или циклонических осадков также прекращается, но температуры воздуха достигают максимальных уровней [13].

Чем больше СП ВAB, тем больше объем сухого и холодного воздуха, который поступает в соответствующий регион, тем сильнее влияние ВAB на метеоусловия [3, 4]. Поэтому адекватность оценок тенденций изучаемых процессов с учетом изменчивости СП ВAB, во многом определяется адекватностью оценок этих показателей. Следовательно, одной из существенных причин неудовлетворительного качества таких оценок может являться неточность информации, представленной в рядах СП ВAB, которые получены с применением традиционной методики выявления ВAB.

Опыт применения данной методики свидетельствует о том, что она не позволяет выявлять ВAB, пересекающие барические депрессии (Северная Атлантика, Баренцево и Берингово море) поскольку в таких регионах при ВAB P_a повышается, но не всегда достигает уровня 1015 гПа.

Как пример, на рис. 1 сопоставлены расположения участков земной поверхности, где 18.03.2010 г. среднесуточное P_a превышало 1015 гПа, с расположениями ее участков в зоне между параллелями 40° с.ш. и 70° с.ш., где в эти сутки оно было выше, чем в предыдущие.

Из рис. 1А видно, что 28.03 между параллелями 40° с.ш. и 70° с.ш. существовало две полосы, в которых P_a в указанной зоне превышало 1015 гПа. Одна из них связывает сегмент Арктического антициклона, расположенный над морем Лаптевых, с Монгольским антициклоном. Вторая полоса проходит через Карское море к Субтропическому антициклону, находящемуся над Средней Азией.

Кроме них, над Атлантикой намечается еще одна полоса, где Гренландский антициклон с Азорским максимумом соединен на единственном меридиане. Очевидно, что при большем шаге по долготе между узлами координатной сетки реанализа, этот меридиан был бы пропущен. В результате было бы принято решение о том, что упомянутые антициклоны не соединяются (т.е. произошел бы пропуск ВAB).

Из рисунка 1Б следует, что первая и вторая полосы отображены и на нем. Существование над Атлантикой третьей области не вызывает сомнений, поскольку ее протяженность по долготе сопоставима с шириной этого океана.

Образование показанных на рисунке 1Б областей, во всех пунктах которых, расположенных между параллелями 40° с.ш. и 70° с.ш., в рассматриваемые сутки $X > 0$, может быть следствием возникновения ВAB.

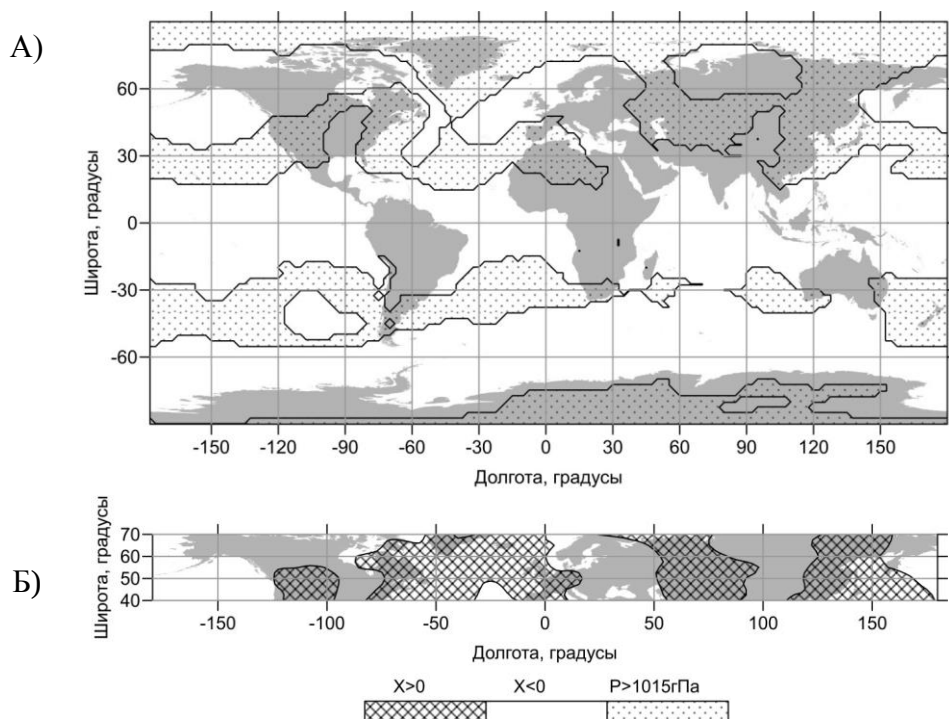


Рис. 1. Расположение участков земной поверхности, где 28.03.2010 г. среднесуточное P_a :

А) превышало 1015 гПа; (Б) было больше, чем в предыдущие сутки.

Чтобы подтвердить адекватность данного тезиса, оценена вероятность возникновения аналогичной барической неоднородности в результате случайного совпадения. Предполагалось, что повышение либо понижение P_a в любом пункте рассматриваемой полосы, которое происходит случайно, является равновероятным и не зависит от его изменений в соседних ее пунктах. Поэтому, учитывая [14] вероятность синхронного повышения среднесуточного P_a во всех 13 узлах координатной сетки, расположенных на одном меридиане между 40°с.ш. и 70°с.ш. , может быть вычислена как $P=(0,5)^{13}=0,000122$.

Подвижных антициклонов, которые имели бы такие же размеры, не известно. Следовательно, можно сделать вывод о том, что выявленная над Атлантикой область действительно образовалась в результате ВАВ.

Для того, чтобы оценить значимость этого недостатка традиционной методики, необходимо определить вероятность «пропуска» ($P_{пр}$) ВАВ, которые возникают при ее использовании. При вычислении этого показателя учитывались ВАВ, которые наблюдались в период 1.01.1948 – 31.12.2017 гг. над Азово-Черноморским регионом. При определении фактического их количества использована предложенная нами методика. Согласно ей, решение о выявлении ВАВ принимается, если в течение трех последовательных суток атмосферное давление во

АРКТИЧЕСКИЕ ВТОРЖЕНИЯ И МЕТЕОУСЛОВИЯ В АЗОВО- ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

всех пунктах, расположенных между параллелями 40°с.ш. и 70°с.ш. и не менее чем на одном меридиане, было выше, чем в сутки, непосредственно предшествующие началу этого временного интервала. Это количество сопоставлялось с аналогичной характеристикой, оцененной по традиционной методике.

Как фактический материал, в данной работе использована информация о среднесуточных значениях температур воздуха, модуля скорости ветра, а также интенсивности облачности на всех метеостанциях Росгидромета, расположенных на побережьях Крымского полуострова. Информация получена из архива Севастопольского отделения ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова». Также использованы данные об аналогичной характеристике P_a , представленной в реанализе NCEP/NCAR [15].

Последний содержит информацию о среднесуточных значениях атмосферного давления за 1.01.1948 – 31.12.2017 гг. для всех пунктов земной поверхности, соответствующих узлам координатной сетки с шагом 2,5°×2,5°. В нем между параллелями 40°с.ш. и 70°с.ш. располагается 13 таких узлов. Следовательно, вероятность «ложной тревоги» ($P_{лт}$) – события, при котором решение о наличии ВAB по предложенной методике принимается при фактическом его отсутствии, определяется как $P_{лт} = (0,5)^{13} = 0,00012$.

Оценки вероятности $P_{лт}$ или $P_{пр}$, ВAB в Азово-Черноморском регионе, которые получены для разных сезонов с использованием традиционной методики (за фактическое количество ВAB принята его оценка по предложенной методике) приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Количества ВAB, которые выявлены над Азово-Черноморским регионом за период 1.01.1948 – 31.12.2017 гг., с применением предложенной (А) и традиционной (Б) методики, а также значения $P_{лт}$ и $P_{пр}$ для традиционной методики

Сезон	А	Б	$P_{лт}$ (Б)	$P_{пр}$ (Б)
Зима	205	103	0	0,497
Весна	175	80	0	0,543
Лето	148	69	0	0,534
Осень	168	66	0	0,607

Как видно из таблицы 1, применение традиционной методики приводит к пропуску почти половины всех ВAB, выявляемых над Азово-Черноморским регионом по предложенной методике за период 1.01.1948 – 31.12.2017 гг. Столь значительное количество пропусков ВAB действительно могло приводить к существенной неточности информации об их СП, представленной во временных рядах, полученных с ее применением. Следовательно, указанный недостаток может быть признан существенным, если все ВAB, выявленные по предложенной методике, действительно существовали. Для подтверждения этого, с использованием данных фактических наблюдений за погодой на всех прибрежных метеостанциях Росгидромета, оценены частоты улучшения метеоусловий

(уменьшения среднесуточных значений модуля скорости ветра, интенсивности облачности, а также температур воздуха) во все даты из указанного периода, в которые с помощью предложенной методики обнаружены ВAB. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Частоты улучшения метеоусловий ($P_{\text{по}}$) на метеостанциях Росгидромета, которые расположены на побережьях Крымского полуострова в даты, для которых по предложенной методике обнаружены ВAB

Метеостанция	$P_{\text{по}}$	Метеостанция	$P_{\text{по}}$	Метеостанция	$P_{\text{по}}$
Черноморское	0,92	Ялта	88	Мысовое	0,93
Евпатория	0,96	Алушта	90	Опасное	0,95
Севастополь	0,93	Феодосия	86	Курортное	0,91
Херсонесский маяк	0,95	Керчь	89	Никита	0,83

Цифры, приведенные в таблице 2, характеризуются разными погрешностями, поскольку на многих метеостанциях Крыма в некоторые даты наблюдений не проводилось. Тем не менее, из нее следует, что в даты, выявляемые по предложенной методике, на них с высокой вероятностью происходило уменьшение скоростей ветра и температур воздуха, а также ослаблялась (либо отсутствовала) облачность – т. е. происходили явления, которые имеют место при ВAB. В любые другие даты случаев, при которых подобные совпадения по всем показателям происходили одновременно на всех метеостанциях, за рассматриваемый период не выявлено. Следовательно, предложенная методика обнаружения АВ в рассматриваемом регионе эффективна. Это позволяет предположить, что в большей или меньшей степени она может быть эффективна и в других регионах мира. Весьма существенным достоинством предложенной методики является и возможность полной автоматизации процесса выявления СВТ (ВAB), что позволяет исключить антропогенные ошибки.

С использованием предложенной методики сформированы временные ряды СП рассматриваемых ВAB, которые соответствуют всем сезонам. В качестве примера, рассчитанные по ним зависимости от года начала десятилетия средних за него значений СП за зимний сезон ВAB, оцененных для различных частей Азово-Черноморского региона, приведены на рис. 2.



Рис. 2. Зависимости от года начала десятилетия средних за него значений СП за зимний сезон ВАР, которые оценены для различных частей Азово-Черноморского региона.

Из рис. 2 видно, что в зимние сезоны 1990–2017 гг., во всех частях Азово-Черноморского региона СП ВАР уменьшаются. Это показывает, что вероятности возникновения здесь неблагоприятных метеоусловий, а значит и соответствующих навигационных рисков, устойчиво возрастают.

Таким образом, установлено, что применение предложенной методики выявления ВАР позволяет получить оценки тенденций изменения метеоусловий в Азово-Черноморском регионе, практически совпадающие с их оценками по данным наблюдений на прибрежных метеостанциях Крыма. Это позволяет предполагать возможность ее применения и в регионах мирового океана, где систематических наблюдений не проводилось.

Выявленную устойчивую тенденцию к усложнению метеоусловий, характерных для зимних сезонов на Азовском и Черном море, в частности, целесообразно учитывать и в морском судоходстве. Это важно на этапе долгосрочного планирования навигации в данном регионе особенно в зимний период, когда судоходство дополнительно осложняется мало предсказуемой ледовой обстановкой. Операторы флота и заказчики перевозок должны учитывать возможные риски, связанные с простоями судов из-за неблагоприятных метеоусловий.

В целом, лучшее понимание тенденций изменения гидрометеоусловий и для других районов мирового океана, позволит повысить качество долгосрочной прогностической информации в интересах современного судоходства.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Применение предложенной методики выявления ВАВ позволяет получить оценки тенденций изменения метеоусловий в Азово-Черноморском регионе, практически совпадающие с их оценками по данным наблюдений на прибрежных метеостанциях Крыма. Это позволяет предполагать возможность ее применения и в регионах Мирового океана, где систематических наблюдений не проводилось.

2. Предложенная методика может быть использована в интересах повышения безопасности судоходства, как средство повышения качества прогностической метеоинформации.

Список литературы

1. Думанская И.О., Федоренко А.В. Анализ связи ледовых характеристик морей европейской части России с макроциркуляционными атмосферными процессами // Метеорология и гидрология. 2008. № 12. С. 82–94.
2. Кононова Н.К. Особенности циркуляции атмосферы Северного полушария в конце XX – начале XXI века и их отражение в климате // Сложные системы. 2014. № 2 (11). С. 11–36.
3. Холопцев А.В., Кононова Н.К., Тимошенко Т.Ю. Арктические блокинги и поверхностные температуры на Европейской территории России // Жизнь Земли. 2017. т.39. №1. С. 20–32.
4. Холопцев А.В., Катунина Е.Н., Тимошенко Т.Ю. Продолжительные арктические вторжения в Атлантическом секторе и атмосферные осадки в Крыму // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. Том 3(69). 2017. №2. С. 251–267.
5. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР. М.: 1968. 240 с.
6. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов северного полушария в XX столетии. Междуведомственный Геофизический. Комитет при Президиуме АН СССР // Материалы метеорологических исследований. 1984. № 9. 146 с.
7. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л.: Гидрометиздат, 1946. 80 с.
8. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века. URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>
9. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому // М. ИГ РАН: Воентехиниздат. 2009. 372 с.
10. Sulby M.L. Fundamentals of Atmospheric Physics. New York: Academic Press. 1996. 560p.
11. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирование // Метеорология и гидрология. 2010. №11. С. 5–18.
12. Мохов И.И., Акперов М.Г., Прокофьева М.А. Блокинги в Северном полушарии и Евро-Атлантическом регионе: оценки изменений по данным реанализа и модельным расчетам // Доклады Академии наук. 2013. Т. 449. №5. С. 1–5.
13. Семёнова И.Г. Роль процессов блокирования в формировании засух на Украине // Труды ГГО им. Воейкова. 2013. Вып. 569. С. 124–136.
14. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика // Изд. дом ГУ-ВШЭ, 2005. 254 с.
15. База данных. Результаты реанализа среднесуточных значений атмосферного давления. URL: <ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis.dailyavgs/level sea/>

ARCTIC AIR OUTBREAKS AND METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE
REGIONS OF AZOV AND BLACK SEAS

Kholoptsev A. V., Podporin S. A., Kurochkin L. E.

Sevastopol office of federal state budgetary institution "State Oceanographic Institute of N. N. Zubov", Sevastopol, Russian Federation

FSAEI "Sevastopol state university", Sevastopol, Russian Federation

E-mail: kholoptsev@mail.ru, SAPodporin@sevsu.ru, l.kurochkin.mj@mail.ru

This paper aims to improve the accuracy of estimates of trends of interannual changes in the characteristics of meteorological conditions in oceanic regions, for which no systematic meteorological observations have been conducted before.

To obtain such estimates, we investigated the possibility of applying the results of mathematical modeling, which was carried out with consideration of changes in the total duration of the Arctic air outbreaks into the region.

We have established that one of the essential error sources of such estimates is inaccuracy of information about the values of the above characteristics of such outbreaks, which is present in their existing time series.

The reasons for this inaccuracy have been identified and a new approach to determining the values of these characteristics has been developed, which allows to partially overcome this drawback. A new technique for detecting Arctic air outbreaks, based on use of NCEP/NCAR reanalysis data, has been proposed.

The adequacy of the time series of the average daily values of adjusted-to-sea level atmospheric pressure, obtained with its help, has been tested for the Crimean Peninsula.

The test has enabled to estimate the probability of identifying signs of Arctic outbreaks simultaneously at all Crimean Roshydromet meteorological stations during the periods when they were detected.

To carry out the estimation, we used data on the characteristics of wind, air temperature and cloudiness which was obtained from each meteorological station for the entire period of its operation.

It has been found out that the application of the proposed methodology for detecting Arctic air outbreaks enabled to obtain estimates of the trends in meteorological conditions in the Azov-Black Sea region, which are practically consistent with the data of the weather stations.

This allows to accept the possibility of its use in the oceanic regions, where no systematic meteorological observations have been previously conducted.

A steady trend for complication of the meteorological conditions during winter seasons on the Azov and Black Sea that has been revealed for the modern period should be taken into account during operation and development of transport complexes of this region of Russia.

The results can as well be used to improve management of water transport and ensure better quality of prognostic information available for ships engaged on long voyages.

Keywords: Arctic air outbreaks, Azov-Black Sea region, total duration, weather conditions, trends, safety of shipping.

References

1. Dumanskaya I.O., Fedorenko A.V. Analiz svyazi ledovykh harakteristik morej evropejskoj chasti Rossii s makrocirkulyacionnymi atmosferynymi processami (Analysis of the relationship of the ice characteristics of the seas of the European part of Russia with macrocirculation atmospheric processes). *Meteorologiya i gidrologiya*, 2008, no 12, pp. 82–94 (in Russian).
2. Kononova N.K. Osobennosti cirkulyacii atmosfery Severnogo polushariya v konce XX – nachale XXI veka i ih otrazhenie v klimate (Features of the atmosphere circulation in the Northern Hemisphere at the end of the XX - beginning of the XXI century and their reflection in the climate). *Slozhnye sistemy*, 2014, no 2 (11), pp. 11–36 (in Russian).
3. Holoptsev A.V., Kononova N.K., Timoshenko T.Yu. Arkticheskie blokiny i poverhnostnye temperatury na Evropejskoj territorii Rossii (Arctic blocking and surface temperatures on the European territory of Russia). *Zhizn' Zemli*, 2017, V. 39, no 1, pp. 20–32 (in Russian).
4. Holoptsev A.V., Katunina E.N., Timoshenko T.Yu. Prodolzhitel'nye arkticheskie vtorzheniya v Atlanticheskoy sektore i atmosferynye osadki v Krymu (Prolonged Arctic outbreaks in the Atlantic sector and precipitation in Crimea). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya, Geologiya*, Tom 3(69), 2017, no 2, pp. 251–267 (in Russian).
5. Dzerdzheevskij B.L. Cirkulyacionnye mekhanizmy v atmosfere Severnogo polushariya v XX stoletii (Circulating mechanisms in the atmosphere of the Northern Hemisphere in the twentieth century). *Materialy meteorologicheskikh issledovaniy. izd. IG AN SSSR i Mezhdoved. Geofiz. Komiteta pri Prezidiume AN SSSR*. Moscow: 1968, 240 p. (in Russian).
6. Savina S.S., Hmelevskaya L.V. Dinamika atmosferynykh processov severnogo polushariya v XX stoletii (Dynamics of atmospheric processes in the northern hemisphere in the twentieth century). *Mezhdovedomstvennyy Geofizicheskij. Komitet pri Prezidiume AN SSSR. Materialy meteorologicheskikh issledovaniy*, 1984, no 9, 146 p. (in Russian).
7. Dzerdzheevskij B.L., Kurganskaya V.M., Vitvickaya Z.M. Tipizatsiya cirkulyacionnykh mekhanizmov v severnom polusharii i harakteristika sinopticheskikh sezonov (Typification of circulation mechanisms in the northern hemisphere and the characteristic of synoptic seasons). *Tr. n.-i. uchrezhdenij Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser. 2. Sinopticheskaya meteorologiya*, Vyp. 21, Central'nyy institut prognozov. M., L.: Gidrometizdat (Publ.), 1946, 80 p. (in Russian).
8. Kolebaniya cirkulyacii atmosfery Severnogo polushariya v XX – nachale XXI veka (Fluctuations in the atmospheric circulation of the Northern Hemisphere in the 20th - early 21st century). URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru> (in Russian).
9. Kononova N.K. Klassifikatsiya cirkulyacionnykh mekhanizmov Severnogo polushariya po B. L. Dzerdzhevskomu (Classification of the circulatory mechanisms of the Northern Hemisphere according to B. L. Dzerdzhevsky). Moscow: IG RAN: Voentekhnizdat (Publ.), 2009, 372 p. (in Russian).
10. Sulby M.L. Fundamentals of Atmospheric Physics. New York: Academic Press. 1996. 560p.
11. Shakina N.P., Ivanova A.R. Blokiruyushchie anticiklony: sovremennoe sostoyanie issledovaniy i prognozirovaniye (Blocking anticyclones: current state of research and forecasting). *Meteorologiya i gidrologiya*, 2010, no 11, pp. 5–18. (in Russian).
12. Mohov I.I., Akperov M.G., Prokof'eva M.A. Blokiny v Severnom polusharii i Evro-Atlanticheskom regione: ocenki izmenenij po dannym reanaliza i model'nykh raschetam (Blocking in the Northern Hemisphere and the Euro-Atlantic Region: Evaluation of Changes from Reanalysis and Model Calculations). *Doklady Akademii nauk*, 2013, V. 449, no 5, pp. 1–5. (in Russian).
13. Semyonova I.G. Rol' processov blokirovaniya v formirovanii zasuh na Ukraine (The role of blocking processes in the formation of droughts in Ukraine). *Trudy GGO im. Voejkova*, 2013, Vyp. 569, pp. 124–136. (in Russian).
14. Shvedov A.S. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika (Theory of Probability and Mathematical Statistic). Izd. dom GU-VSHEH (Publ.), 2005, 254 p. (in Russian).
15. Database. Results of reanalysis of average daily values of atmospheric pressure. URL: <ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis.dailyavgs/level sea/>.

Поступила в редакцию 20.05.2019