

УДК [551.467:551.515](265.5)

С.Ю. Глебова*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ЦИКЛОГЕНЕЗ НАД ТИХИМ ОКЕАНОМ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫМИ МОРЯМИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ЛЕДОВИТОСТИ

Показано, что на протяжении последнего 20-летнего периода (с середины девяностых годов) в результате постепенного смещения Алеутской депрессии и Сибирского максимума на запад характер осенне-зимней циклонической деятельности над Тихим океаном и прилегающими морями менялся. Если во второй половине 1990-х гг. наиболее активная циклоническая деятельность развивалась над восточными районами Берингова моря, то к концу первой декады 2000-х гг. мощные циклоны стали выходить большей частью в Охотское море и курильский район. В период интенсивного циклогенеза климатический режим морей, как правило, теплел: до середины нулевых годов в Беринговом море ледовитость была на низком уровне, а в Охотском море — повышенной. Впоследствии, по мере смещения области циклонической активности в охотоморский бассейн, ледовитость в Охотском море уменьшалась, а в Беринговом море, наоборот, возросла. Отмечено, что глубокие охотоморские циклоны могут оказывать «охлаждающее» воздействие на акваторию Японского моря, а берингоморские — на северные районы Тихого океана.

Ключевые слова: центры действия атмосферы, количество циклонов, средняя интенсивность циклонов, дальневосточные моря, ледовитость, поверхностная температура.

DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-147-159.

Glebova S.Yu. Fall-winter cyclogenesis over the Pacific Ocean and Far-Eastern Seas and its influence on development of the sea ice // *Izv. TINRO.* — 2017. — Vol. 191. — P. 147–159.

Cyclonic activity patterns over the North Pacific in fall-winter have changed prominently in the last two decades (since the middle 1990s) due to a gradual westward shift of the Aleutian Low and Siberian High. The maximum of cyclonic activity was observed in the eastern Bering Sea in the 1990s, but strong winter cyclones moved mostly to the Okhotsk Sea and Kuril Islands in the late 2000s. These changes caused the ice regime change: the ice cover was relatively low in the Bering Sea in opposite to heavy ice conditions in the Okhotsk Sea until the mid-2000s, but the ice cover decreased in the Okhotsk Sea and increased in the Bering Sea when tracks of cyclones had changed. Some changes concern the moderate latitudes, too, because cyclones in the Bering Sea made a cooling effect on the North Pacific area southward from Aleutian Islands but those in the Okhotsk Sea cool the Japan Sea area.

Key words: atmosphere action center, number of cyclones, cyclone intensity, Far Eastern Seas, ice cover, sea surface temperature.

* Глебова Светлана Юрьевна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: glebova@tinro.ru.

Glebova Svetlana Yu., Ph.D., leading researcher, e-mail: glebova@tinro.ru.

Введение

Известно, что приземные циклоны являются важным механизмом климатических изменений как в атмосфере, так и в океане. Перемещаясь на огромные расстояния, атмосферные вихри транспортируют тепло и влагу, способствуя тем самым межширотному обмену. Проходя над морской поверхностью, глубокие циклоны способны вызывать сильные возмущения верхнего слоя, приводящие к апвеллингу, интенсификации морских течений, изменению вихревой структуры, формированию ледовых полей и т.д. (Жабин, Дмитриева, 2014; Топтунова, Анискина, 2015).

Особую роль в формировании климатических особенностей региона играют зимние циклоны, которые, неся в себе огромные запасы кинетической энергии, могут не только влиять на энергообмен между океаном и атмосферой (Тунеголовец, 2007), но и приводить к изменению характера макроциркуляции в атмосфере (Багров, 1995).

Целью статьи является оценка особенностей характера циклонической деятельности в октябре-марте над отдельными районами Азиатско-Тихоокеанского региона (Японским, Охотским, Беринговым морями, Курильскими островами и северной частью Тихого океана) в последние два десятилетия (1995–2016 гг.), а также влияния циклонов на изменение зимнего термического режима дальневосточных морей.

Материалы и методы

Для оценки особенности циклонической деятельности над выделенным районом обычно используются *количество* и *интенсивность* циклонов. Первый параметр (количество циклонов) является показателем макромасштабной турбулентности, отражающим интенсивность и обмен энергии между океаном и атмосферой, а второй (интенсивность) — отражает массу воздуха, вовлеченную в циклоническую активность (Тунеголовец, 2007).

В работе циклоническая активность над Азиатско-Тихоокеанским регионом также оценивается с помощью обоих параметров: количества циклонов и их средней интенсивности.

Для расчета *повторяемости* циклонов над Азиатско-Тихоокеанским регионом для каждого месяца холодного периода (октябрь-март) составлялись сборные карты траекторий приземных циклонов, с использованием ежедневных синоптических карт Японского метеорологического агентства за один срок наблюдений (00^h по Гринвичу). За циклон принималось устойчивое барическое образование, имеющее хотя бы одну замкнутую изобару. Весь район исследования (30–65° с.ш. 130° в.д. — 160° з.д.) разбивался на квадраты 5 x 5°, и далее подсчитывалось число центров циклонов (К), прошедших через каждый квадрат в течение месяца. Затем проводилось поквadratное суммирование числа циклонов для всего района исследования за осенне-зимний сезон за период 1995–2016 гг.

Для подсчета количества циклонов, проходящих над локальными районами, были выделены следующие зоны: 50–65° с.ш. 160° в.д. — 160° з.д. (Берингово море); 45–60° с.ш. 140–160° в.д. (Охотское море); 35–50° с.ш. 130–145° в.д. (Японское море); 40–45° с.ш. 140–145° в.д. (курильский район); 30–50° с.ш. 160° з.д. — 160° в.д. (северная часть Тихого океана).

В качестве критерия *интенсивности* использовался индекс циклоничности А.В. Куницына (1956) — это квадрат числа замкнутых изобар, очерчивающих каждый циклон. Такая величина названа им *индексом циклона*, и она пропорциональна кинетической энергии массы воздуха, вовлеченной в циркуляцию каждого циклонического образования. Расчет индекса циклоничности (I) также производился по квадратам 5 x 5°. Определение *средней интенсивности* проходящих над каждым выделенным квадратом циклонов производилось методом отношения значений индекса Куницына к количеству циклонов. Для каждого локального района средняя интенсивность за весь осенне-зимний период определялась с помощью арифметического осреднения.

Для оценки термического режима привлекалась информация о ледовитости в дальневосточных морях и ТПО в северной части Тихого океана в феврале (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.derived.surface.html>). Данные выборки из этих массивов анализировались с помощью программы ocean&meteo (автор Е.О. Басюк, ТИПРО-центр).

Для выявления долгопериодных тенденций в ходе рассматриваемых синоптических и океанологических показателей и для лучшей сравнимости результатов все значения осреднялись по 5-летним периодам.

Результаты и их обсуждение

Межгодовая изменчивость характера циклонической деятельности в Азиатско-Тихоокеанском регионе в холодный период года

Макроциркуляционные процессы, определяющие развитие циклогенеза над выделенной территорией, весьма динамичны, поэтому и характер циклонической деятельности год от года может существенно меняться.

Как показывают графики на рис. 1, на протяжении последних двадцати лет в ходе показателей циклоничности в разных районах выделялись свои особенности. Например, суммарная *повторяемость* циклонов, проходящих в целом над всем регионом, менялась циклично, причем максимумы отмечались дважды: на рубеже 1990–2000 и в конце нулевых годов, и после каждого максимума количество циклонов резко сокращалось. Однако изменение *интенсивности* «региональных» циклонов носило несколько иной характер. Самые мощные циклоны проходили над регионом в течение первого десятилетия, а менее глубокие — в периоды до 2000-го и после 2010-го гг. В многолетнем плане в ходе повторяемости циклонов над регионом выявляется слабая тенденция на увеличение, а изменение их средней интенсивности имело «куполообразный» вид (рис. 1, А–В).

Подобный «региональному» характер изменчивости наблюдался только в ходе повторяемости и интенсивности второй по повторяемости группы циклонов — «океанических» (рис. 1, Г–Е), и в первую очередь это относится к количеству циклонов (совпали не только периоды максимумов и минимумов, но и общая многолетняя положительная тенденция). Интенсивность циклонов над океаном (как и «региональных») плавно увеличивалась на протяжении всей первой декады, но в начале десятых годов (следующая декада) произошло ее резкое снижение, до минимальных значений, в результате чего общий тренд изменения интенсивности стал слабо отрицательным (рис. 1, Д). Особо следует отметить период 2005–2011 гг., когда интенсивность и повторяемость как «региональных», так и «океанических» циклонов была наибольшей (рис. 1, В, Е), что может указывать на чрезвычайно высокую циклоническую активность в регионе в эти годы.

В других районах (Беринговом, Охотском, Японском морях, курильском районе), наоборот, количество циклонов постепенно уменьшалось, но по-разному. В Охотском море после максимума в середине 1990-х уже к началу 2000-х гг. повторяемость циклонов резко сократилась, небольшой подъем наблюдался лишь в середине первого десятилетия (рис. 1, Ж). Количество циклонов, выходящих в курильский район, уменьшалось постепенно вплоть до конца первого десятилетия, но с начала следующей декады вновь обозначилась тенденция на рост (рис. 1, К). При этом интенсивность «охотоморских» и «курильских» циклонов устойчиво увеличивалась, изменяясь по отношению к повторяемости «зеркальным» образом (рис. 1, И, М).

В Японском море, как и на Курильских островах, максимальный выход циклонов пришелся на первую половину 2000-х гг., а в начале следующего десятилетия их поступление сюда заметно уменьшилось. Интенсивность менялась с некоторым запаздыванием относительно повторяемости, но резко увеличилась в последние годы. В целом тенденции в ходе количества и глубины циклонов над Японским морем, как и в охотской и курильской зонах, оказались противоположными друг другу (рис. 1, Н–П).

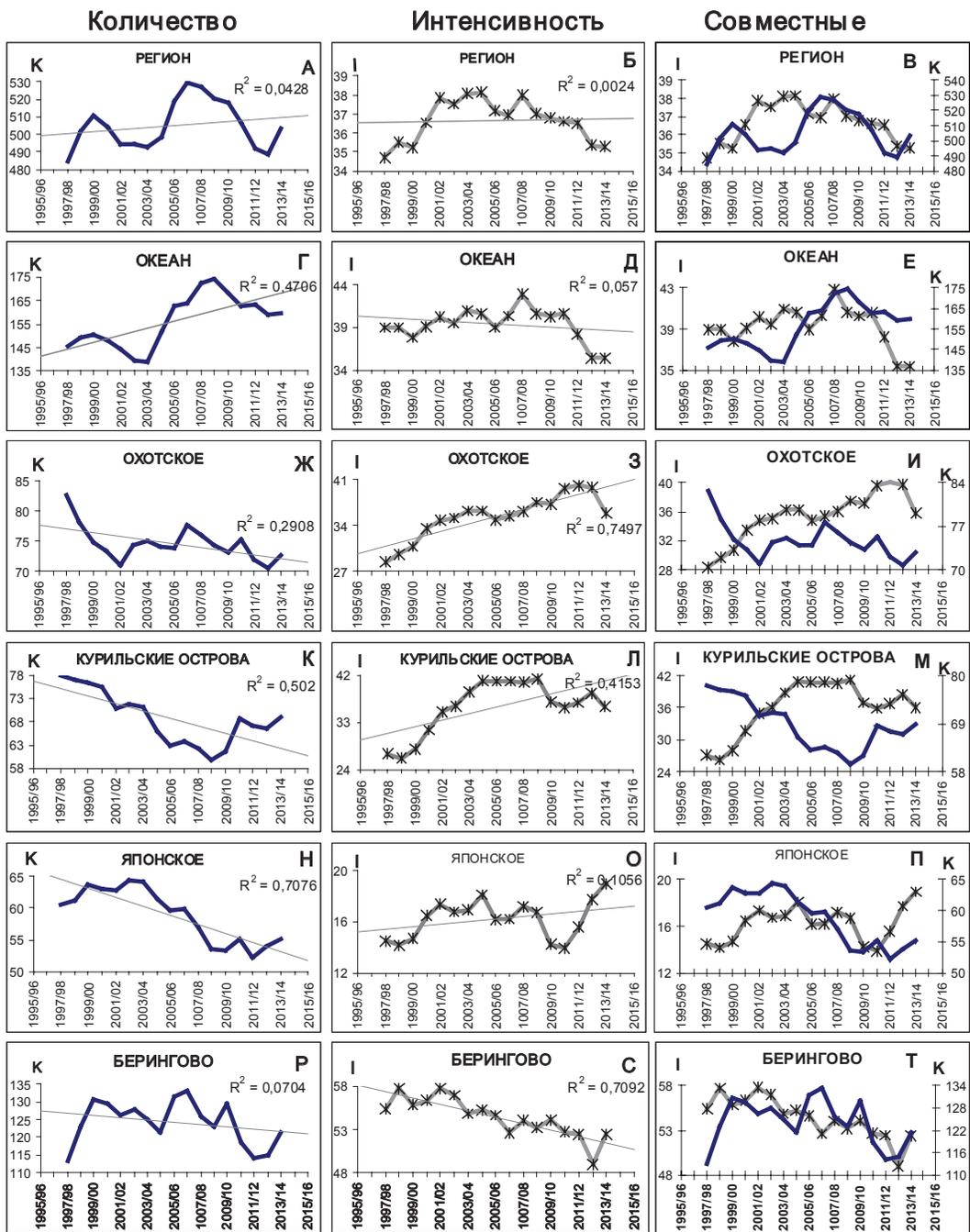


Рис. 1. Межгоддовая изменчивость повторяемости и средней интенсивности осенне-зимних циклонов для разных «локальных» районов Азиатско-Тихоокеанского региона

Fig. 1. Interannual variability of cyclones repeatability and intensity in fall-winter season, by areas of the Asia-Pacific region

Исключительная ситуация отмечалась в Беринговом море, поскольку только здесь на протяжении всего 20-летнего периода происходило уменьшение и числа, и интенсивности циклонов, т.е. циклоническая активность в этой части региона постепенно ослабевала, достигнув наименьших показателей в начале второго десятилетия (рис. 1, Р–Т).

Происходящие в характере циклогенеза изменения, скорее всего, можно связать с крупномасштабными процессами в атмосфере. Ранее (Глебова, 2011, 2014) было по-

казано, что появление в Азиатско-Тихоокеанском регионе глубоких циклонов в январь-марте происходит при определенном состоянии Сибирского максимума, а именно его усилении и смещении к северо-западу. В нашем случае изменчивость интенсивности циклонов в осенне-зимние месяцы (октябрь-март) в разных районах мы также попытались связать с параметрами зимних центров действия атмосферы (ЦДА) — Сибирского максимума и Алеутской депрессии.

Как показано на рис. 2 (А–В), в наибольшей степени интенсивность двух самых многочисленных групп циклонов («региональных» и «океанических») хорошо согласуется с широтным положением обоих барических центров: чем севернее они располагаются, тем большей глубины достигают осенне-зимние циклоны, проходящие над регионом в целом и над Тихим океаном в частности. Вероятно, это связано с тем, что при смещении в направлении высоких широт Сибирский антициклон становится более обширным и мощным (Василевская и др., 2002). Он начинает блокировать выход

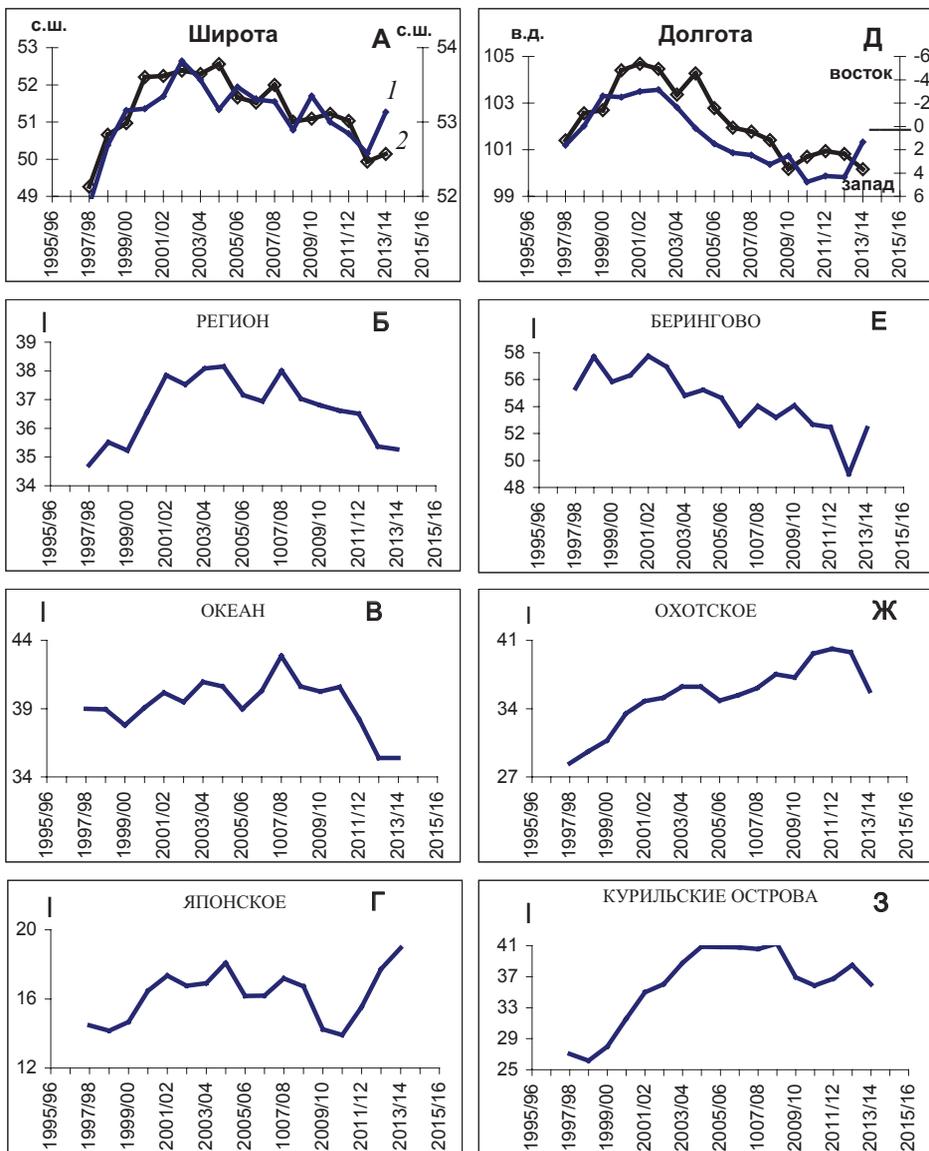


Рис. 2. Межгодовой ход параметров ЦДА (1 — Сибирский максимум; 2 — Алеутская депрессия) и интенсивности осенне-зимних циклонов в разных районах Азиатско-Тихоокеанского региона

Fig. 2. Interannual variability of the atmosphere action centers (1 — Siberian High; 2 — Aleutian Low) and intensity of fall-winter cyclones in certain areas of the Asia-Pacific region

с материка полярно-фронтовых циклонов, а в регион чаще поступают субтропические циклоны с юга, быстро достигающие высокой мощности над Тихим океаном. На определенном этапе (до начала десятых годов) такая же зависимость была характерна и для «япономорских» циклонов (рис. 2, Г). Резкое усиление интенсивности «япономорских» циклонов в первой половине второго десятилетия могло произойти в результате воздействия неких иных факторов.

Глубина циклонов, выходящих в другие районы (Охотское, Берингово моря и Курильский район), менялась более согласованно с другим показателем — долготным положением ЦДА. До середины первого десятилетия 2000-х гг. оба центра действия располагались на востоке (рис. 2, Д). При этом Алеутская депрессия чаще оказывалась над более теплыми (из-за близости к Тихому океану) восточными районами моря, в связи с чем приходящие в ее область «берингоморские» циклоны были способны углубляться до максимальной интенсивности (рис. 2, Е). В это же время Охотское море и Курильские острова находились под влиянием близко расположенного сибирского гребня, поэтому активность циклонов здесь, наоборот, была наименьшей за весь период наблюдения (рис. 2, Ж, З).

Со второй половины первой декады оба центра действия начали смещаться в западном направлении, достигнув крайних положений в начале следующего десятилетия. Поскольку Сибирский антициклон постепенно удалялся от побережья вглубь материка, его влияние на дальневосточные моря ослабевало, в то время как влияние приближающейся тыловой алеутской ложбины усиливалось. Вероятно, именно преобладающий над Охотским морем и Курильскими островами пониженный фон давления способствовал углублению приходящих в эти районы циклонов, поэтому не случайно, что максимальной интенсивности «охотоморские» и «курильские» циклоны достигали в годы наиболее западного местоположения ЦДА — на рубеже первого и второго десятилетий (ниже это предположение будет рассматриваться подробнее).

Таким образом, постепенная смена приоритетного влияния зимних центров действия атмосферы (оттеснение Алеутским минимумом сибирского гребня на запад), происходившая на протяжении последних 20 лет, повлекла за собой изменения и в характере циклогенеза, которые можно обозначить как «перегруппировку» циклонов. Циклоны, пришедшие на запад региона (включая Японское и Охотское моря, Курильские острова), становились менее многочисленными, но более глубокими. В то же время активизировался выход циклонов на акваторию Тихого океана, но их интенсивность ослабевала, особенно в последние годы. В Беринговом море снижение циклонической активности проходило за счет уменьшения как количества, так и интенсивности циклонов.

Влияние циклонов на термический режим различных районов региона

Как правило, глубокие циклоны, проходя над морской поверхностью, способны силой ветра оказывать значительное динамическое воздействие на верхний слой воды, создавая в нем сильные возмущения (Пермяков и др., 2007; Поталова и др., 2007). Вследствие этого циклоническая деятельность может играть весьма существенную роль в формировании климатического режима дальневосточных морей.

В качестве показателя (индикатора) термического состояния Берингова, Охотского и Японского морей зимой (в феврале) рассматривалась ледовитость, а температурный фон северной части Тихого океана, в холодные сезоны всегда свободной ото льда, оценивался по значениям поверхностной температуры.

Как показывают графики рис. 3, ледовая обстановка в дальневосточных морях связана с интенсивностью циклонов, но не во всех районах характер зависимости оказался одинаковым.

Например, в Охотском море характер связи противофазный: ослабление циклонической деятельности приводило к росту ледовитости (на рубеже 1990–2000-х гг.), а при прохождении над акваторией моря более глубоких циклонов ледовитость снижалась (середины первого десятилетия) (рис. 3, А). Характерно, что в последние несколько

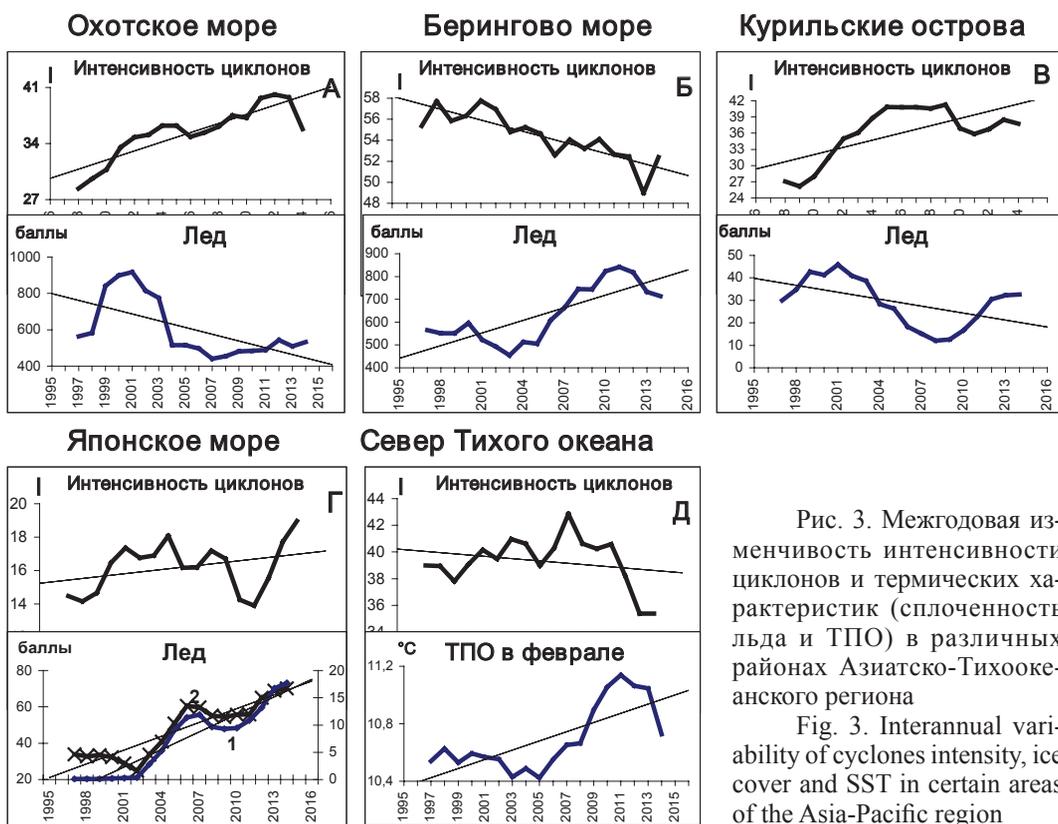


Рис. 3. Межгодовая изменчивость интенсивности циклонов и термических характеристик (сплоченность льда и ТПО) в различных районах Азиатско-Тихоокеанского региона

Fig. 3. Interannual variability of cyclones intensity, ice cover and SST in certain areas of the Asia-Pacific region

лет интенсивность «охотоморских» циклонов стала уменьшаться, и при этом в ходе ледовитости обозначилась небольшая тенденция на увеличение. В Беринговом море ледовая обстановка также имела обратную зависимость от интенсивности циклонов, но общая направленность развития процессов оказалась прямо противоположной — при постепенном снижении циклонической активности ледовитость здесь неуклонно росла, достигнув максимальных значений на рубеже 2000–2010-х гг. (рис. 3, Б).

В курильском районе, включающем в себя южные охотоморские воды, усиление циклонической активности (как и в Охотском море) способствовало сокращению количества льда. Однако увеличение ледовитости в начале второй декады, которое в Охотском море проявлялось незначительно, в курильском районе (на фоне постепенного процесса ослабления циклонической деятельности) проходило более заметными темпами.

Противофазный принцип формирования льда в Охотском и Беринговом морях ранее был замечен многими исследователями (Крындин, 1964; Бирюлин, 1970; Лучин и др., 1998; Плотников, 2002), и это явление авторами также объяснялось с точки зрения влияния проходящих циклонов. Считалось, чем чаще теплые морские циклоны выходят на акваторию одного из морей, тем с большей вероятностью в нем сформируется малоледовитая зима; одновременно в соседнем бассейне, наоборот, развиваются суровые ледовые условия. В нашем случае можно сделать уточнение: в большей степени на характер ледовитости влияет не число циклонов, а их интенсивность. Наглядным примером может быть ситуация в Охотском море и курильском районе, где ледовитость сокращалась параллельно с уменьшением числа приходящих в районы циклонов.

Отличительная ситуация складывалась в Японском море, где интенсивность циклонов имела общую направленность на увеличение, но при этом ледовитость в зал. Петра Великого, а также в соседнем Татарском проливе не сокращалась, а тоже неуклонно росла (рис. 3, Г). При этом изменение ледовой обстановки носило трендовый характер, а интенсивность циклонов, проходящих над акваторией Японского

моря, менялась периодически, т.е. межгодовой ход обоих параметров практически не согласован. Если учесть, что такой же ярко выраженный положительный тренд выявляется в ходе интенсивности «охотоморских» циклонов, то можно предположить, что циклоны, проходящие севернее япономорской акватории, оказывают большее влияние на его термический режим по сравнению с теми, которые выходят непосредственно на поверхность моря.

Это представляется не случайным, поскольку при прохождении циклонов над акваторией Охотского моря япономорский бассейн (особенно его северная часть) и Татарский пролив всегда оказываются под влиянием их тыловых ложбин с преобладающими северными и северо-западными муссонными ветрами. С одной стороны, активный зимний муссон влияет охлаждающим образом на верхнюю толщу моря, вызывая интенсивное конвективное перемешивание, а с другой — препятствует развитию теплого Цусимского течения и поступлению теплых водных масс с юга (Будаева, Макаров, 2013). Все эти факторы способствуют формированию холодного термического режима и росту ледовитости. В случае, когда циклоны следуют непосредственно над акваторией Японского моря, ветры бывают разнонаправленными, нередко южных румбов, и могут достигать большей силы, чем при устойчивом муссоне. Возникающее сильное волнение может не только затруднять формирование льда, но и вызывать уменьшение сплоченности там, где он уже сформировался. Очевидно поэтому влияние «япономорских» циклонов на характер ледовых процессов в Японском море проявляется в меньшей степени.

Аналогичное «охлаждающее» действие на подстилающую поверхность оказывают и «океанические» циклоны. В годы высокой активности циклонов (с середины 1990-х до конца нулевых годов) поверхностная температура океана в районе следования циклонов держалась на низком уровне, т.е. формировался «холодный» термический режим (рис. 3, Д). По мере прохождения глубокого циклона над океаном усиливается его энергообмен с атмосферой, и происходит интенсивная отдача тепла из океана (Манько и др., 2007; Тунеголовец, 2007). Кроме того, под действием сильного ветра возникает апвеллинг, когда к поверхности поступают холодные глубинные воды (Максимихин, 1973), а также может ослабевать поток теплых вод течения Куроисио (Винокурова, 1973).

Еще одним выхолаживающим фактором для океана может быть и высокая активность циклонов над Беринговым морем до середины первого десятилетия, поскольку вызываемое ими усиление северного переноса могло способствовать интенсификации Камчатского течения и сбросу холодных берингоморских вод в Тихий океан. В начале второй декады интенсивность как океанических, так и берингоморских циклонов значительно понизилась, а ПТЮ в океане выросла до максимальных значений.

Таким образом, за последний 20-летний период в атмосферном режиме региона в холодный период года произошли существенные перемены, отразившиеся на характере термических условий. В ряде случаев некоторые параметры (положение центров действия атмосферы, количество и интенсивность циклонов в отдельных районах) в начале и конце рассматриваемого периода заметно различались, т.е. изменения носили «поступательный» характер.

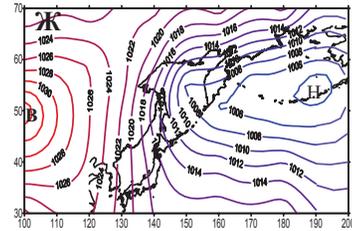
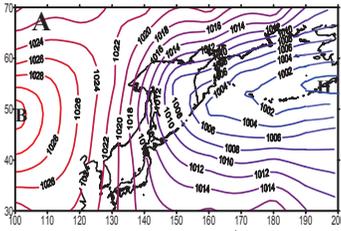
Наглядно иллюстрировать эти переменные помогут средние карты приземного давления, повторяемости и интенсивности циклонов, построенные для холодного полугодия (октябрь–март) двух интервалов времени: начало (1998/99–2003/04) и конец (2009/10–2015/16) рассматриваемого нами ряда лет. Для этих же периодов были составлены среднемесячные (для февраля) карты ледовитости в дальневосточных морях (рис. 4).

Видим, что в 2000-е гг. (начало периода) Алеутская депрессия располагалась в крайнем восточном положении (над зал. Аляска), и ее интенсивность составляла 1000 гПа. Обширная область отрицательных аномалий давления, простиравшаяся от восточных районов Берингова моря до северо-восточного Китая и Забайкалья, может свидетельствовать о том, что интенсивность депрессии была выше среднемноголетней, а мощность Сибирского антициклона, наоборот, ослабленной (рис. 4, А, Б). Тем не ме-

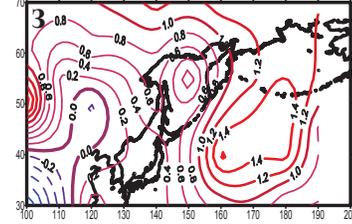
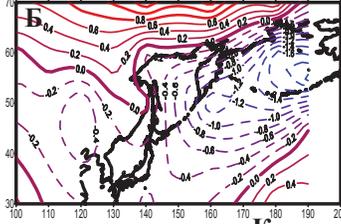
1998/99-2003/04

2009/10-2015/16

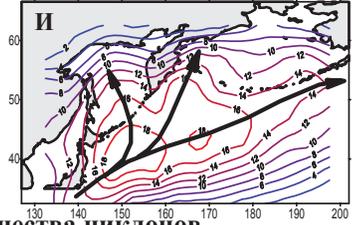
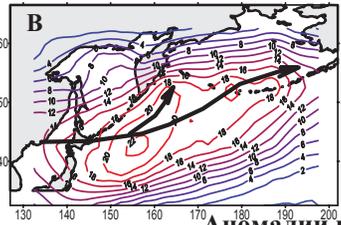
Приземное давление



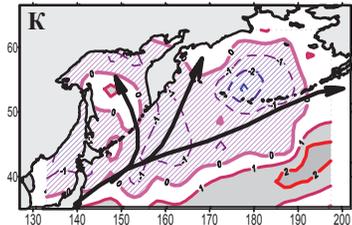
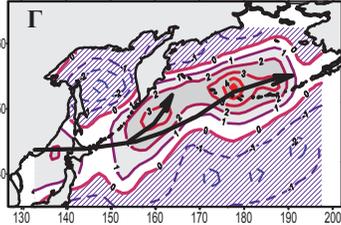
Аномалии приземного давления



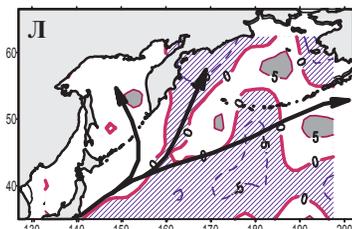
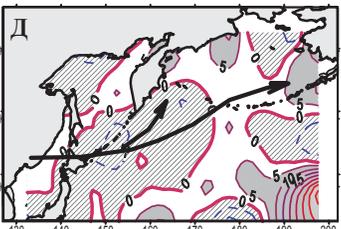
Количество циклонов



Аномалии интенсивности циклонов



Аномалии интенсивности циклонов



Аномалии сплоченности льда

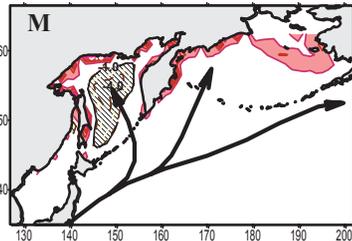
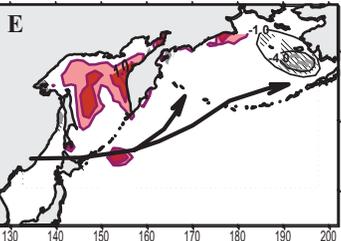


Рис. 4. Сезонные поля давления, количества циклонов и их аномалий, а также аномалий интенсивности циклонов в октябре-марте и аномалий сплоченности льда в феврале, осредненные для двух периодов: 1998/99–2003/04 и 2009/10–2015/16 гг.

Fig. 4. Seasonal fields of atmospheric pressure at the sea level and its anomaly, number of cyclones and its anomaly, anomaly of cyclones intensity in October-March, and anomaly of the sea ice density in February, averaged for 1998/99–2003/04 and 2009/10–2015/16

нее активным был северо-восточный отрог антициклона, ориентированный в сторону Чукотки (положительные аномалии давления превышали 1 гПа). К зоне пониженного давления были приурочены траектории приземных циклонов, которые (как можно судить по изолиниям на рис. 4, В) преимущественно следовали над океаном по зональным траекториям: от Японского моря (минуя охотоморский бассейн) на восточные районы Берингова моря, где располагался «очаг» отрицательных аномалий давления.

В этот период над Беринговым морем и количество, и интенсивность циклонов значительно превышали среднемноголетнюю «норму» (рис. 4, Г, Д).

Такая ситуация благоприятствовала тому, что вся восточная половина Берингова моря оказывалась под воздействием передних ложбин циклонов, вызывающих сильный южный ветровой перенос и поступление сюда теплых океанических воздушных масс. Поскольку южные ветры способны вызывать задержку ледообразования и ослабление дрейфа льда на юг, то вполне закономерно, что в этот период ледовитость на востоке Берингова моря была ниже климатической «нормы» (рис. 4, Е).

Наоборот, северо-западная часть берингоморского бассейна и все Охотское море находились под влиянием тыловых ложбин берингоморских циклонов. Господствующие северные ветры приводили к интенсивному выхолаживанию водной поверхности, увеличению ледовитости и распространению ледовых полей к югу (область положительных аномалий льда занимала почти всю северную половину Охотского моря, и небольшой участок даже отмечался с тихоокеанской стороны Курильской гряды) (рис. 4, Е).

В начале второго десятилетия (конец рассматриваемого периода) характер атмосферного режима изменился: центр депрессии сместился на запад, а ее давление по сравнению с предыдущим периодом выросло на 4 гПа (рис. 4, Ж). Отличительной чертой этого отрезка времени стало преобладание положительных аномалий приземного давления практически над всем регионом. Наиболее высокие значения отмечались над северной частью Тихого океана и над континентальными районами материка, что указывает на ослабление депрессии и усиление антициклона (рис. 4, З).

Повышенный фон давления над океаном стал препятствием для активного выхода на его акваторию циклонов, которые «предпочитали» идти в районы с наименьшими значениями аномалий. По сравнению с предыдущим периодом в регион участился выход южных субтропических циклонов, которые двигались по трем основным траекториям: над океаном в сторону зал. Аляска, на западные районы Берингова моря и в Охотское море (рис. 4, И). Количество циклонов над большей частью Берингова моря стало аномально низким (рис. 4, К), а наибольшей мощности они достигали над зал. Аляска и восточной частью моря (рис. 4, Л). Таким образом, практически вся акватория Берингова моря оказалась под влиянием тыловых циклонических ложбин с преобладающими северными и северо-восточными ветрами, которые способствовали выносу на поверхность холодных арктических воздушных масс. В этот период на северо-западе и (особенно) северо-востоке Берингова моря ледовитость превысила среднемноголетнюю «норму» (рис. 4, М).

Над Охотским морем, наоборот, отмечалась активизация циклонической деятельности в основном за счет увеличения интенсивности циклонов (рис. 4, К, Л). Приходящие южные циклоны нарушали общий муссонный характер погоды, вызывая усиление южных ветров и способствуя поступлению теплого воздуха на его поверхность. Тем не менее через систему течений они обуславливали интенсификацию притока тихоокеанских вод через Курильские проливы, что стало причиной потепления вод и существенного снижения ледовитости в Охотском море (рис. 4, М).

Таким образом, можно отметить, что характер циклогенеза в регионе определяется влиянием крупномасштабных атмосферных образований — сезонных центров действия атмосферы. Поскольку ряды наблюдений за состоянием барических центров значительно длиннее (в нашем случае используются данные с 1974 г.), можно попытаться с их помощью предположить дальнейшее развитие событий на ближайшие несколько лет.

Как показывают графики на рис. 5, на протяжении нескольких десятилетий положение Сибирского антициклона и Алеутского минимума менялось с определенными закономерностями.

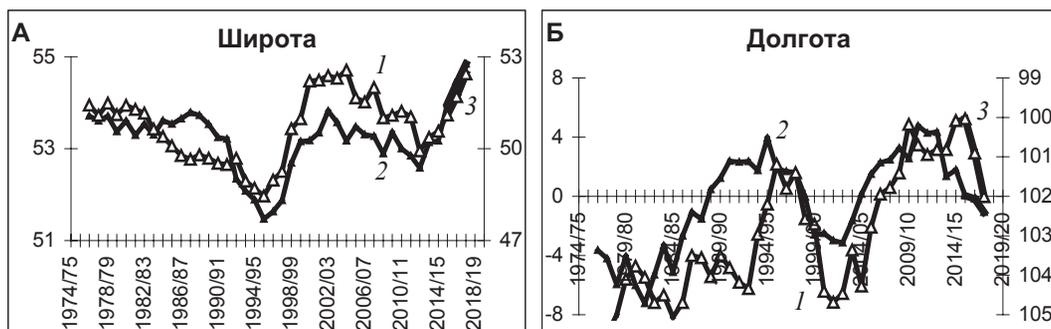


Рис. 5. Многолетний ход широты (А) и долготы (Б) Сибирского максимума (1) и Алеутской депрессии (2) в октябре-марте и ожидаемые значения на ближайшие годы (3)

Fig. 5. Long-term variation of the Siberian High (1) and Aleutian Low (2) centers location in October-March: latitude (A) and longitude (B). Forecasts for the nearest future are shown (3)

Например, изменение широты обеих барических систем носило периодический характер: в наиболее северном положении они находились в 1970–1980-е гг. и первом десятилетии текущего столетия, когда, как было показано выше, циклоны, проходившие над Тихим океаном и Японским морем (и в целом над регионом), отличались повышенной интенсивностью. Смещение ЦДА на юг (при одновременном ослаблении циклонической активности над перечисленными районами) происходило в середине 1990-х гг., а также в начале второго десятилетия текущего столетия, причем последний процесс миграции центров в южном направлении продолжался до настоящего времени (рис. 5, А). Тем не менее можно предположить, что в самое ближайшее время антициклон и депрессия вновь могут начать движение на север, поскольку «критические минимумы» на графике (рис. 5, А) ими уже пройдены. Это означает, что в регионе возрастет число глубоких циклонов, в частности над Тихим океаном и Японским морем.

Как показано на рис. 5 (Б), изменение долготы обоих атмосферных центров в большей степени носило трендовый характер, причем на протяжении всего 40-летнего периода происходило их устойчивое смещение на запад (рис. 5, Б). На этом фоне выявлялись циклы (примерно 20-летней периодичности), когда оба центра находились в крайних западном и восточном положениях, и последний период «западного положения» пришелся на первую половину второй декады (начало 2010-х гг.). Вполне вероятно, что этот этап скоро завершится и в течение последующих лет (уже к концу текущей декады) начнется постепенное движение барических систем в восточном направлении. В результате может активизироваться циклоническая деятельность над Беринговым морем (сюда участится выход глубоких циклонов), но в Охотском море и курильском районе число мощных циклонов может сократиться.

Все эти изменения в атмосферной циркуляции непременно скажутся и на климатических особенностях региона: в Тихом океане, Охотском море и курильском районе при таком развитии событий вероятно похолодание термического режима (снижение поверхностной температуры в океане и ухудшение ледовой обстановки в охотоморском бассейне и курильском районе). В Японском и Беринговом морях, наоборот, следует ожидать потепление и формирование более мягких ледовых условий.

Заключение

В холодные сезоны года в формировании климатических особенностей в регионе большую роль играют приземные циклоны, причем характер циклонической деятельности зависит от состояния зимних центров действия атмосферы — Сибирского максимума и Алеутской депрессии. На протяжении последних двадцати лет (с сере-

дины 1990-х до середины 2010-х гг.) отмечалось постепенное смещение обоих ЦДА к западу: антициклон усиливался и отдалялся от побережья, а Алеутская депрессия, наоборот, ослабевала, но приближалась к дальневосточным морям со стороны зал. Аляска. Подобные изменения в характере макроциркуляционных процессов отразились и на характере траекторий приземных циклонов. До середины первого десятилетия текущего столетия циклоны преимущественно смещались на восток Берингова моря, где существенно углублялись. В передней части циклонов (восточные районы моря) преобладали южные ветры, благодаря которым формировался «теплый» термический режим с пониженной ледовитостью. Большая часть региона (западная часть Берингова моря, все Охотское море, курильский район и северная область Тихого океана) оказывалась под влиянием тыловых ложбин циклонов с сильными северными переносами, и термические условия здесь развивались по «холодному» типу.

После того как депрессия начала отходить на запад (вторая половина первой декады), часть циклонов стала преимущественно проходить южнее Берингова моря, а другая группа циклонов — поворачивать в сторону Курильских островов и Охотского моря, где они достигали наибольшей глубины. В результате ветровой режим в разных районах региона изменился на противоположный, климат в Беринговом море стал холоднее, а в Охотском море и океане — теплее.

В целом с середины 1990-х гг. количество циклонов над Охотским, Японским морями и курильским районом сокращалось, но их интенсивность росла. Над Тихим океаном, наоборот, повторяемость циклонов постепенно увеличивалась, но они становились менее активными. В Беринговом море отмечалось уменьшение и повторяемости, и интенсивности циклонов.

Список литературы

- Багров Н.А.** Климатический процесс как случайное блуждание // Метеорол. и гидрол. — 1995. — № 5. — С. 41–52.
- Бирюлин Г.М.** К вопросу о прогнозировании ледовитости Охотского и Берингова морей // Тр. ДВНИГМИ. — 1970. — Вып. 30. — С. 89–93.
- Будаева В.Д., Макаров В.Г.** О воздействии зимнего выхолаживания на структуру и динамику вод северо-западной части Японского моря // Вестн. ДВО РАН. — 2013. — № 6(172). — С. 30–41.
- Василевская Л.Н., Журавлева Т.М., Манько А.Н.** Сезонные и многолетние изменения параметров Сибирского антициклона // Тр. ДВНИГМИ. — 2002. — Вып. 150. — С. 87–102.
- Винокурова Т.Т.** Сравнительная характеристика океанологических условий в системе вод Куроисио в 1967–1970 гг. // Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 89. — С. 18–23.
- Глебова С.Ю.** Особенности атмосферного и термического режима в дальневосточных морях в холодные и теплые сезоны 2000-х гг. // Вопр. промысл. океанол. — 2014. — Вып. 11. — С. 98–118.
- Глебова С.Ю.** Циклоническая деятельность над Азиатско-Тихоокеанским регионом и ее влияние на термические условия дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана // Метеорол. и гидрол. — 2011. — № 10. — С. 35–43.
- Жабин И.А., Дмитриева Е.В.** Сезонная и синоптическая изменчивость ветрового апвеллинга у побережья южного Приморья (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. — 2014. — № 5(177). — С. 25–31.
- Крындин А.Н.** Сезонные и межгодовые изменения ледовитости и положения кромки льда на дальневосточных морях в связи с особенностями атмосферной циркуляции // Тр. ГОИН. — 1964. — Вып. 71. — С. 32–104.
- Кунницын А.В.** О количественной характеристике циклонической деятельности // Метеорол. и гидрол. — 1956. — № 6. — С. 29–30.
- Лучин В.А., Савельев А.В., Радченко В.И.** Долгопериодные климатические волны в экосистеме западной части Берингова моря // Тр. Арктического регионального центра. — 1998. — Т. 1. — С. 31–42.
- Максимихин Д.И.** Влияние тайфунов на верхний слой океана // Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 89. — С. 113–122.
- Манько А.Н., Нелезин А.Д., Петрова В.А.** Изменчивость баланса тепла поверхности и теплосодержания вод северо-западной части Тихого океана // Дальневосточные моря России. Кн. 1 : Океанологические исследования. — М. : Наука, 2007. — С. 139–153.

Пермяков М.С., Тархова Т.И., Поталова Е.Ю. Тропические циклоны северо-западной части Тихого океана и их воздействие на воды морей Дальнего Востока // Дальневосточные моря России. Кн. 1 : Океанологические исследования. — М. : Наука, 2007. — С. 97–111.

Плотников В.В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — 172 с.

Поталова Е.Ю., Тархова Т.И., Пермяков М.С. Некоторые оценки воздействия тропических циклонов на верхний слой Японского и Охотского морей // Метеорол. и гидрол. — 2007. — № 4. — С. 14–20.

Топтунова О.Н., Анискина О.Г. Изменения циклонических режимов северного и южного полушарий в условиях меняющегося климата // Научный журнал КубГАУ. — 2015. — № 114(10). — С. 338–347.

Тунеголовец В.П. Циклоническая деятельность над северо-западной частью Тихого океана и дальневосточными морями России // Дальневосточные моря России. Кн. 1 : Океанологические исследования. — М. : Наука, 2007. — С. 60–96.

Поступила в редакцию 20.07.17 г.

Принята в печать 23.10.17 г.