

УДК 551.465.71(265.5)

С.Ю. Глебова*

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

**ЦИКЛОНЫ НАД ТИХИМ ОКЕАНОМ
И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫМИ МОРЯМИ В ХОЛОДНЫЕ
И ТЕПЛЫЕ СЕЗОНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЕТРОВОЙ
И ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В ПОСЛЕДНИЙ
ДВАДЦАТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

По картам траекторий приземных циклонов, составленных за каждый месяц периода 1995–2016 гг., были определены количество и интенсивность циклонов, проходивших в течение холодного (октябрь–март) и теплого (апрель–сентябрь) полугодий над всем Азиатско-Тихоокеанским регионом, а также 6 выделенными районами (Охотским, Беринговым, Японским морями, курильским районом, северной и юго-западной частью Тихого океана). Показано, что на протяжении последнего 20-летнего периода в характере циклонической деятельности во все сезоны происходили существенные изменения, обусловленные состоянием сезонных центров действия. Более глубокие циклоны стали выходить в Охотское, Японское моря, курильский район, вызывая здесь ослабление зимнего и усиление летнего муссонов. Как следствие здесь происходило потепление термического режима (за исключением Японского моря, где зимой ледовые условия ухудшались). В Беринговом море холодный режим осенью-зимой формировался при снижении интенсивности циклонов, а весной-летом — при ее усилении. Над Тихим океаном количество циклонов во все сезоны возрастало, но их интенсивность снижалась, что способствовало росту поверхностной температуры.

Ключевые слова: центры действия атмосферы, количество циклонов, средняя интенсивность циклонов, дальневосточные моря, ледовитость, поверхностная температура.
DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-153-166.

Glebova S.Yu. Cyclones over the Pacific Ocean and Far-Eastern Seas in cold and warm seasons and their influence on wind and thermal regime in the last two decade period // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 193. — P. 153–166.

Cyclonic activity in the Asia-Pacific region is largely determined by state of the seasonal centers of atmosphere action. In turn, cyclones themselves influence on conditions in certain «key» areas. Recently the Aleutian Low activity declines in fall-winter and this center is shifted westward, but activity of the Hawaiian High increases in warm season. As the result, heightened air pressure prevails over the Ocean (positive anomalies of the sea level pressure) and lowered pressure (negative anomalies) — over the Far Eastern Seas. In this anomalous situation, the number of cyclones over the Ocean has increased but they become weaker that causes SST increasing in the North Pacific both in winter and summer. Over the Bering Sea, the cyclones become weaker, as well, but this regime causes the ice cover increasing, so SST decreasing in spring. On the contrary, over the Okhotsk Sea and Kuril Islands area, the number

* 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.

of cyclones has decreased gradually but they become stronger in both seasons that causes the ice cover reducing and spring SST rising. In the Japan Sea, cyclonic activity has intensified, too, but this tendency causes cooling in winter and warming in summer.

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

Введение

Исследование изменения климата Земли в ее отдельных крупных регионах в последние годы стало одним из самых главных приоритетов гидрометеорологической науки. На фоне многочисленных публикаций по поводу «глобального потепления климата» вследствие «парникового эффекта» большое внимание уделяется изучению циклонической деятельности и ее роли в формировании погодно-климатического режима. Как правило, в разные макроциркуляционные «эпохи» меняется и характер перемещения циклонов, что неизбежно отражается на перераспределении воздушных масс, различающихся влажностью и температурой. В связи с этим даже при достаточно однородных синоптических процессах, формирующихся в ту или иную «эпоху», климатические тенденции в различных районах в пределах одного региона могут быть различными.

В настоящей работе проведена оценка особенностей характера циклонической деятельности над отдельными районами Азиатско-Тихоокеанского региона (включая все дальневосточные моря, северные и юго-западные районы Тихого океана, курильский район) в холодные и теплые сезоны года на протяжении последних двух десятилетий (1995–2016 гг.). Кроме того, будет рассмотрено влияние циклонов на характер сезонного «локального» ветрового муссона и изменение зимнего и летнего термического режима в этих районах.

Материалы и методы

Для определения количества циклонов весь район исследования (30–65° с.ш. 130° в.д. — 160° з.д.) разбивался на 5-градусные квадраты, в каждом из которых подсчитывалось общее число циклонов, прошедших над ним за месяц. Для расчета интенсивности также для каждого квадрата определялся индекс циклоничности А.В. Куницына (1956) по количеству замкнутых изобар вокруг каждого циклона в квадратной степени, который эквивалентен энергетической мощности циклона. Отношение индекса циклоничности к количеству циклонов позволяло вычислить среднемесячную интенсивность циклонов в каждом квадрате в виде некоего безразмерного коэффициента, подробная методика расчета этих параметров описана ранее (Глебова, 2017).

Далее проводилось поквадратное суммирование числа и интенсивности циклонов для тех районов, которые были выделены для исследования: Берингово море (50–65° с.ш. 160° в.д. — 160° з.д.); Охотское море (45–60° с.ш. 140–160° в.д.); Японское море (35–50° с.ш. 130–145° в.д.); курильский район (40–50° с.ш. 140–160° в.д.); северная часть Тихого океана (30–50° с.ш. 160° в.д. — 160° з.д.), юго-западная часть региона (30–40° с.ш. 130–150° в.д.). Затем для этих же районов определяли общее количество и интенсивность циклонов, проходивших над каждым из них в течение теплого и холодного полугодий в период с 1995 по 2016 г.

Для количественной оценки направления и интенсивности сезонных муссонных ветровых переносов над дальневосточными морями (Японским, Охотским и Беринговым), а также над курильским районом был использован меридиональный индекс циркуляции А.Л. Каца (1960), расчет которого производился по среднедекадным картам приземного давления. Подробное описание методики построения средних карт и расчета индексов циркуляции неоднократно приводились ранее (Глебова, 2003, 2007; и др.). Уточним, что отрицательные значения индекса циркуляции характеризуют интенсивность северного, а положительные значения — южного ветрового переноса.

Для оценки термического режима привлекалась информация о ледовитости и температуре поверхности океана в дальневосточных морях и северной части Тихого океана (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.derived.surface.html>). Данные выборок 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

Циклоническая деятельность над Дальневосточным регионом в холодное полугодие (октябрь-март)

Особенности атмосферной циркуляции над Азиатско-Тихоокеанским регионом в осенне-зимние сезоны определяются взаимодействием двух центров действия атмосферы — алеутской депрессии, которая формируется над океаном, и сибирского антициклона, располагающегося над континентом (рис. 1, А). При этом между ними формируется зона повышенных барических градиентов, в южной части которой (над СЗТО), в зоне дивергенции изобар, отмечаются наибольшие перепады давления и большие различия в температурах воздушных масс, что дает начало зарождению атмосферных минимумов, а также способствует регенерации циклонов, приходящих с континента. Поэтому не случайно именно над СЗТО располагается область наиболее активного циклогенеза (рис. 1, Б), отсюда циклоны следуют в сторону алеутской депрессии по двум основным траекториям: на восток Берингова моря и к восточной Камчатке. Также часть циклонов выходит с континента на акваторию Охотского моря.

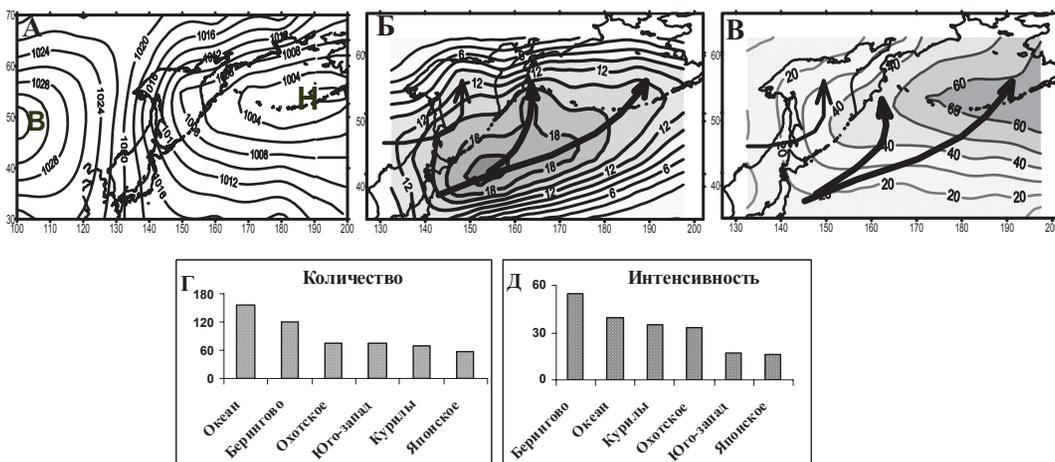


Рис. 1. Среднемноголетние поля: приземного давления (А), количества (Б) и средней интенсивности (В) циклонов, а также климатические показатели повторяемости (Г) и интенсивности (Д) циклонов в разных районах региона в октябре-марте. Здесь и далее на рис. А: В — антициклон, Н — циклон

Fig. 1. Mean winter (October-March) fields of the sea level air pressure (А), number of cyclones (Б), and intensity of cyclones (В), interannual variation of cyclones repeatability (Г) and intensity (Д) in October-March, by regions. Hereinafter: В — anticyclone, Н — cyclone

В количественном отношении наибольшее число циклонов в холодные сезоны проходит над океаном, немного реже они выходят в Берингово море, а над остальными районами повторяемость циклонов почти в половину меньшая (рис. 1, Г).

По мере продвижения над водной поверхностью циклоны значительно углубляются, достигая наибольшей мощности в области расположения центра алеутской депрессии (юго-восток Берингова моря и зал. Аляска) (рис. 1, В).

Как показывает гистограмма (рис. 1, Д), средняя интенсивность «берингово-морских» циклонов в 1,5 раза превосходит интенсивность «океанических» и почти вдвое — «курильских» и «охотоморских». Наименьшая активность в холодный период года у циклонов, проходящих над Японским морем и юго-западом региона. В целом зона высокой интенсивности циклонов практически полностью повторяет очертание алеутской депрессии.

Макроциркуляционные процессы, определяющие развитие циклогенеза над выделенной территорией, весьма динамичны, поэтому и характер циклонической деятельности как над регионом в целом, так и над локальными районами год от года может существенно меняться.

Например, количество циклонов, проходящих над всем регионом, менялось периодически, но с направленностью на увеличение: после максимумов, которые отмечались на рубеже 1990–2000-х гг. и (особенно) во второй половине 2000-х гг., к началу второго десятилетия число «региональных» циклонов резко сократилось. Зато в ходе интенсивности циклонов этой группы выраженной тенденции не обнаружилось (рис. 2, А), наиболее «слабые» циклоны проходили над территорией в конце 1990-х и начале 2010-х гг.

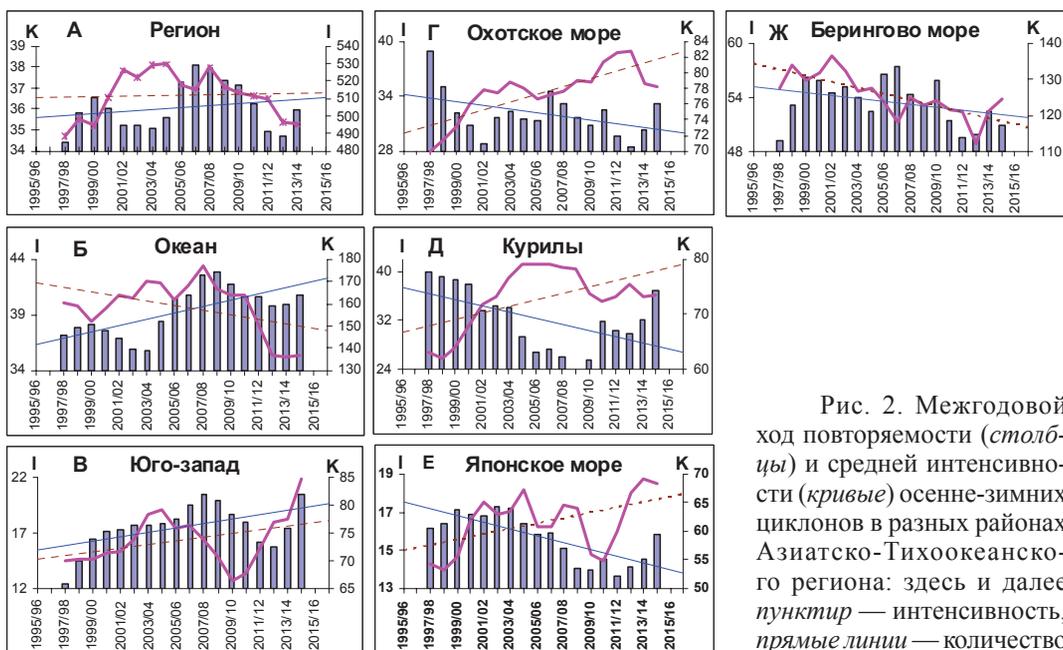


Рис. 2. Межгодовой ход повторяемости (столбцы) и средней интенсивности (кривые) осенне-зимних циклонов в разных районах Азиатско-Тихоокеанского региона: здесь и далее пунктир — интенсивность, прямые линии — количество

Fig. 2. Interannual changes of repeatability (columns) and mean intensity (curved lines) of autumn-winter cyclones, by regions. Hereinafter: solid lines — repeatability (number), dotted lines — intensity

Аналогичным образом рост повторяемости отмечался только в двух «локальных» районах: на севере Тихого океана и юго-западе (вблизи Японских островов) (рис. 2, Б, В). При этом интенсивность циклонов на юго-западе менялась периодически с положительной тенденцией, наиболее интенсивный ее рост отмечался с начала второй декады. Над океаном, наоборот, мощность циклонов постепенно ослабевала до минимума в последние годы. Чрезвычайно высокая активность «океанических» циклонов пришлась на период с середины 2000-х до начала 2010-х гг., когда и интенсивность, и количество циклонов были на максимальном уровне.

В Охотском, Японском морях и курильском районе изменение циклонических параметров происходило по одному «сценарию»: количество циклонов снижалось, а их интенсивность, наоборот, увеличивалась, и наиболее устойчиво активизация циклонической деятельности проходила в Охотском море, достигнув максимума в начале 2010-х гг. (рис. 2, Г–Е). Интенсивность «япономорских» циклонов менялась

в большей степени периодически и резко увеличилась в последние годы (как и в соседнем с ним юго-западном районе).

Совершенно отличная ситуация наблюдалась в Беринговом море: отрицательные тенденции в ходе и повторяемости, и мощности циклонов могут свидетельствовать о том, что на протяжении последних двух десятилетий осенью-зимой здесь шел процесс ослабления циклонической деятельности, и минимальных значений оба показателя достигли в первые годы второй декады (рис. 2, Ж).

*Циклоническая деятельность над Дальневосточным регионом
в теплое полугодие (апрель-сентябрь)*

В весенне-летний период барическое поле над регионом приобретает иную структуру. Над океаном формируется зона высокого давления (северотихоокеанский антициклон), а над материком активизируется область низкого давления, состоящая из азиатской и дальневосточной депрессий, как правило, объединенных в одну систему; от них в сторону Берингова моря распространяется ложбина (рис. 3, А). Район с наибольшими контрастами давления между этими барическими образованиями располагается над СЗТО, поэтому (как и в холодные сезоны) именно здесь циклоны возникают и регенерируют, а далее начинают двигаться на северо-восток, на восточные районы Берингова моря, проходя вдоль северной периферии антициклона (рис. 3, Б). Кроме того, из области депрессий на акваторию Охотского моря выходят материковые циклоны, которые преимущественно смещаются по меридиональным траекториям.

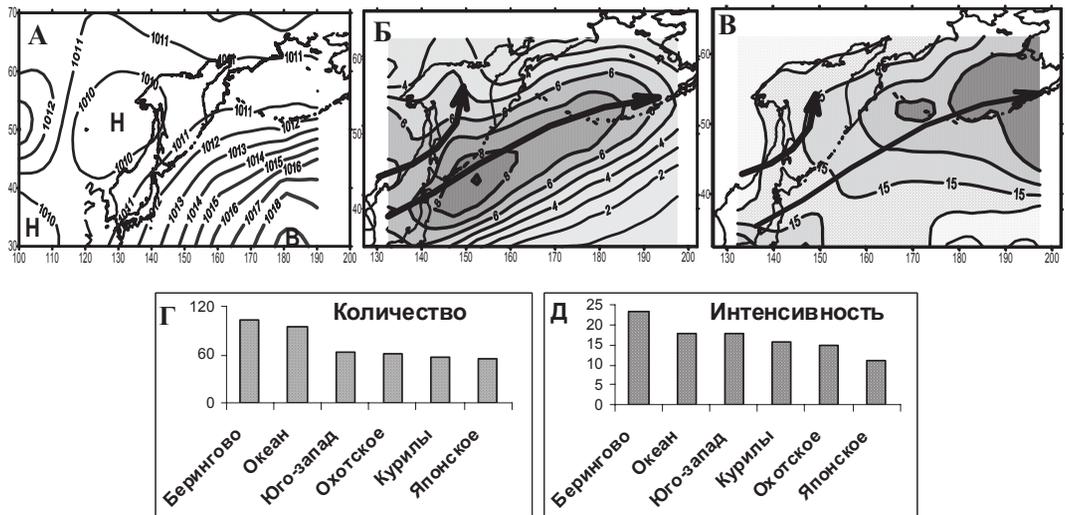


Рис. 3. Среднеголетние поля: приземного давления (А), количества (Б) и средней интенсивности (В) циклонов, а также климатические показатели повторяемости (Г) и интенсивности (Д) циклонов в разных районах региона в апреле-сентябре

Fig. 3. Mean summer (April-September) fields of the sea level air pressure (A), number of cyclones (B), and intensity of cyclones (B); interannual variation of cyclones repeatability (Gamma), and intensity (Delta) in April-September, by regions

Весной и летом характер циклонической деятельности над разными районами несколько отличается от ситуации в осенне-зимний период. Например, наибольшее число циклонов приходит на Берингово море, здесь же (над его восточными районами) они максимально углубляются (рис. 3, В-Д). На втором месте и по количеству, и по интенсивности стоят «океанические» циклоны, а на третьей позиции оказались циклоны юго-западного района (за счет частого выхода глубоких субтропических циклонов и тайфунов). Наименьшая циклоническая активность, как и в холодный период, — над Японским морем.

В многолетнем ходе параметров циклоничности над регионом и отдельными районами в теплые сезоны также выявились некоторые особенности.

Если оценивать ситуацию в регионе в целом, то можно видеть одновременное увеличение обоих показателей в течение 2000-х гг.: рост количества циклонов начался с конца 1990-х гг. и продолжался до конца первого десятилетия, а их интенсивность стала существенно увеличиваться лишь в первой половине 2000-х гг. (и до начала 2010-х гг.), т.е. с некоторым запаздыванием (рис. 4, А).

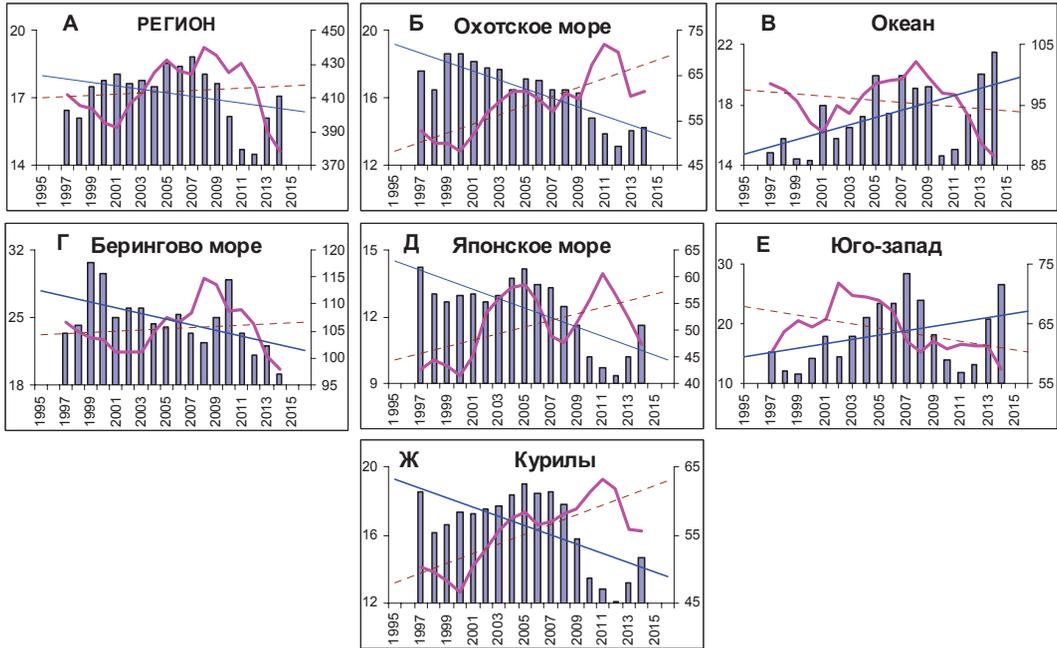


Рис. 4. Межгодовой ход повторяемости (столбцы) и интенсивности (кривые) весенне-летних циклонов в разных районах Азиатско-Тихоокеанского региона

Fig. 4. Interannual changes of repeatability (columns) and intensity (line) of spring-summer cyclones, by regions

Во втором десятилетии и повторяемость, и глубина «региональных» циклонов уменьшились до минимальных значений. Тем не менее тренды оказались разными: в ходе количества циклонов присутствовала отрицательная динамика (очевидно, за счет резкого снижения повторяемости на рубеже первого и второго десятилетий), а интенсивность «региональных» циклонов имела очень слабую тенденцию на увеличение.

Аналогичная направленность процессов (снижение количества циклонов при увеличении их интенсивности) отмечалась во всех дальневосточных морях (Японском, Охотском, Беринговом), а также в курильском районе. Развитие циклонической деятельности на этих территориях (кроме Берингова моря) происходило довольно согласованно (совпали не только тренды, но и периоды) — много циклонов выходило в течение первого десятилетия, но к началу второй декады их количество синхронно сократилось (рис. 4, Б, Д, Ж). Вместе с тем интенсивность циклонов над этими районами на протяжении всего периода постоянно возрастала, меняясь волнообразно, и одновременно достигла наибольших значений в начале второго десятилетия.

В Беринговом море, несмотря на схожие тенденции, межгодовая периодичность в изменении и повторяемости, и интенсивности циклонов существенно отличалась от таковой других морей. Быстрое сокращение числа циклонов (как и в Охотском море) началось с 1990-х гг., но в конце 2000-х гг. произошел неожиданный «скачок» повторяемости (рис. 4, Г) (в другие районы в эти годы циклоны выходили крайне редко). После этого количество циклонов вновь стало уменьшаться, до наименьших

значений в середине 2010-х гг. В изменении интенсивности «берингоморских» циклонов на фоне положительной динамики прослеживалась хорошо выраженная периодичность с большими амплитудами. Наиболее глубокие циклоны проходили над бассейном в конце первого десятилетия, тем не менее в течение следующей декады их интенсивность стремительно ослабевала (одновременно с сокращением числа циклонов).

По-иному происходило развитие циклонической деятельности над океаническими и юго-западными районами региона, где изменение повторяемости циклонов носило циклический характер (с минимумами на рубеже 1990–2000-х и 2000–2010-х гг. и максимумами в середине 2000-х и 2010-х гг.), но на фоне хорошо выраженной положительной тенденции (рис. 4, В, Е). Интенсивность циклонов над обоими районами менялась с одинаковыми отрицательными трендами и также периодически, в противофазе. В первой половине 2000-х гг. на юго-западе региона (в районе японских островов) циклоническая активность была достаточно высокой, в то время как над океаном ее интенсивность, наоборот, была пониженной. Зато усиление «океанических» циклонов во второй половине 2000-х гг. сопровождалось ослаблением циклонов, выходящих к Японии. К середине второго десятилетия глубина циклонов в обоих районах (как и в Беринговом море) достигла наименьшей отметки.

Таким образом, привлекает внимание особенность: и в холодное, и в теплое полугодия циклоны более часто стали проходить над океаническими районами, но их интенсивность снижалась, в то время как количество циклонов над дальневосточными морями сокращалось, но они становились более глубокими. При этом наиболее экстремальные значения (максимумы и минимумы в ходе обоих показателей) пришлось на начало второго десятилетия. Все это указывает на то, что в характере циклогенеза произошла перестройка, которую могли вызвать крупномасштабные изменения в атмосфере.

Для того чтобы это увидеть наглядно, для периода 2010–2014 гг. были построены карты распределения приземного давления, показателей циклоничности и их аномалий относительно среднеголетних значений.

Особенности атмосферных процессов холодного и теплого сезонов в начале второго десятилетия 21-го века

Существенной особенностью приземного барического поля в холодные сезоны начала 2010-х гг. было положение центра алеутской депрессии значительно западнее среднеголетнего (рис. 5, А). Сама она была заметно ослаблена, на что указывает обширная область положительных аномалий, охватывающая Берингово море и северные районы Тихого океана (рис. 5, Б). Именно повышенный фон давления мог стать «преградой» для смещения циклонов по традиционным траекториям в сторону Берингова моря. В эти годы пути циклонов проходили преимущественно над океаном, южнее Алеутских островов, а количество циклонов было ниже «нормы» (рис. 5, В, Г). Кроме того, появилась группа циклонов, которая со стороны СЗТО по меридиональным траекториям смещалась в Охотское море, проходя над курильским районом, и здесь же их мощность возрастала (рис. 5, Д, Е). Районы, где интенсивность осенне-зимних циклонов превышала среднеголетние значения (Японское море, курильский район, Командорские острова и, особенно, Охотское море), располагались как раз на периферии области повышенного атмосферного давления (рис. 5, Е).

В характере весенне-летнего барического поля также выявились отличия от среднего: над прибрежными районами материка фон давления был пониженным, что свидетельствует об усилении обеих депрессий; в то же время повышенное давление над океаном (с эпицентром над Командорскими островами) означает более активное состояние северо-тихоокеанского антициклона и его северного гребня по сравнению со среднеклиматическим (рис. 6, А, Б).

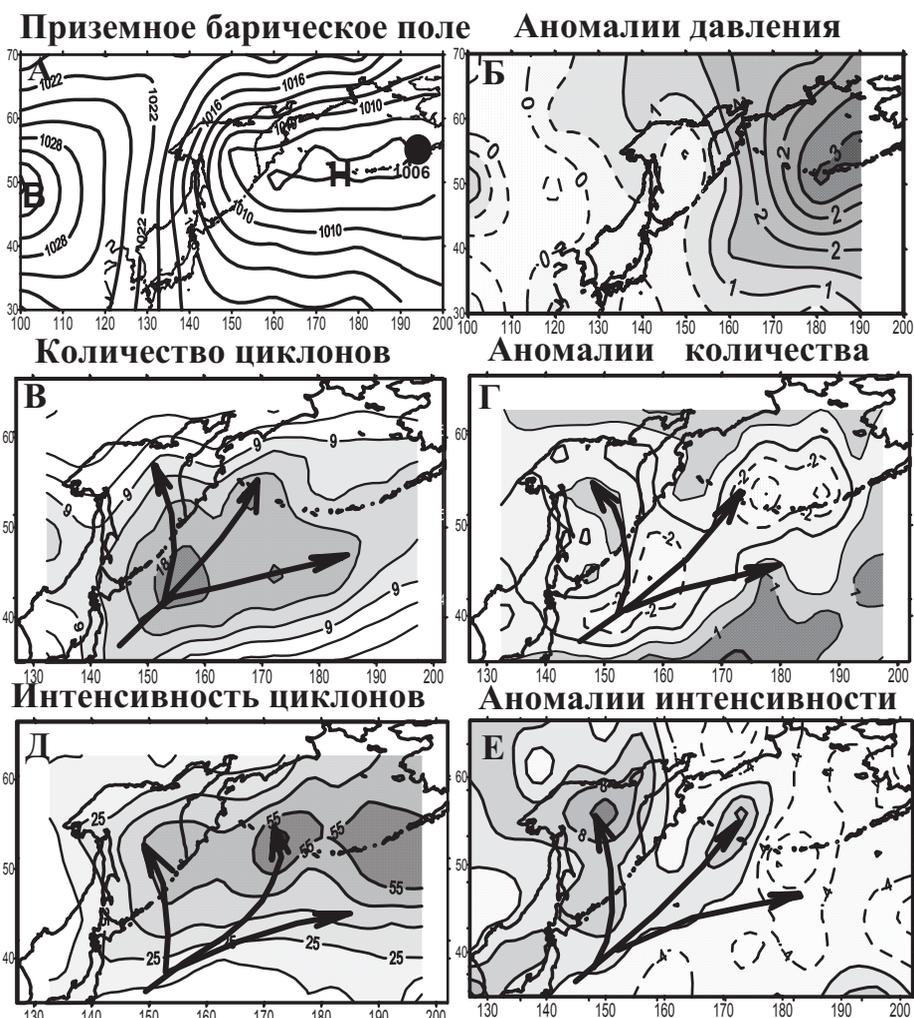


Рис. 5. Среднесезонные поля: давления (А), количества циклонов (Б), средней интенсивности (В) и их аномалии (Г–Е) в октябре-марте в период 2010/2011–2014/2015 гг.

Fig. 5. Mean winter (October-March) fields of the sea level air pressure (А), number of cyclones (Б), intensity of cyclones (В) and anomalies of these parameters (Г–Е) in the period 2010/2011–2014/2015

По характеру изолиний повторяемости циклонов можно определить, что в регион стали чаще поступать субтропические циклоны, которые через СЗТО следовали на восток Берингова моря, но часть циклонов, как и в холодные сезоны, меридионально смещалась в Охотское море (рис. 6, В). Высокий фон давления над океаном вызвал ослабление циклогенеза над большей частью региона: количество циклонов над всеми морями, СЗТО, северной частью Тихого океана оказалось ниже среднемноголетнего (рис. 6, Г). Выделились две зоны, где проходящие циклоны достигали наибольшей активности: одна располагалась над восточными районами Берингова моря, а вторая — над Охотским морем, распространяясь до курильского района и северной части Японского моря (каждая из них располагалась на восточной и западной периферии области положительных аномалий давления) (рис. 6, Д, Е).

Очевидно, что и в холодные, и в теплые сезоны года в условиях циклогенеза произошли существенные изменения: траектории циклонов отклонились от среднеклиматических в западном направлении, значительно повысилась циклоническая активность над Охотским морем и соседним курильским районом. Такие перемены не могли не отразиться на характере климатического режима в регионе.

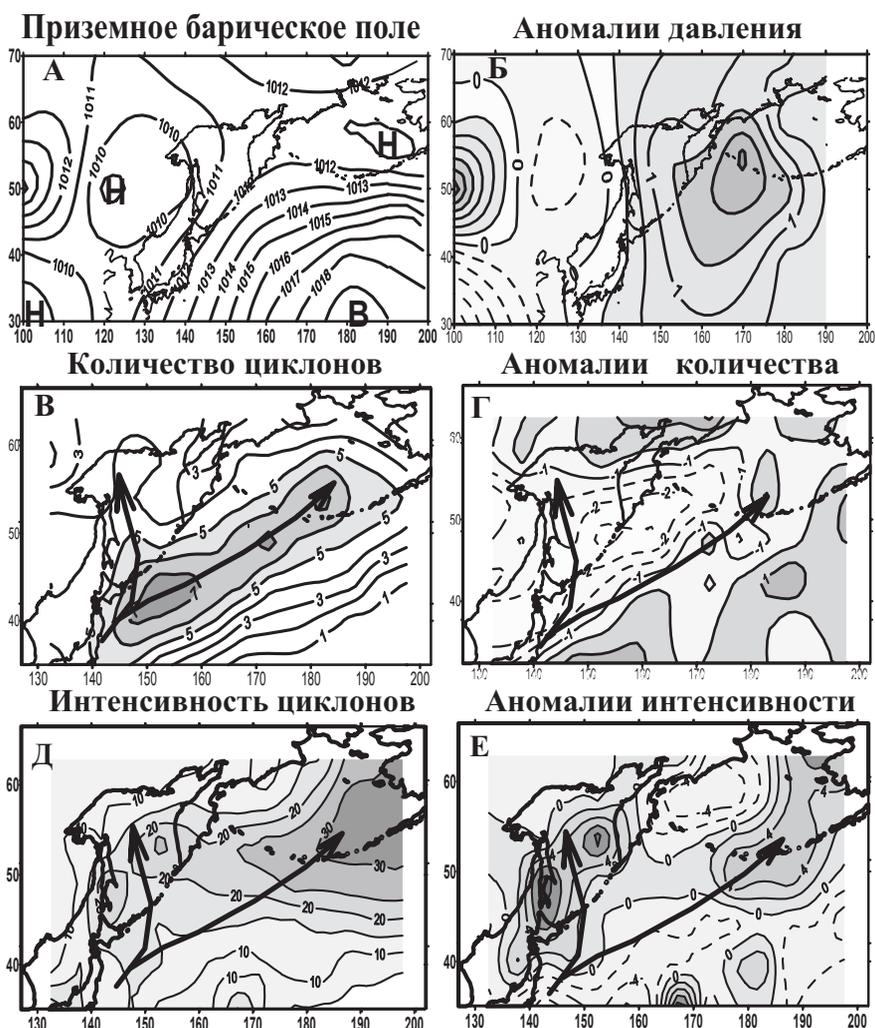


Рис. 6. Среднесезонные поля: давления (А), количества циклонов (Б), средней интенсивности (В) и их аномалии (Г–Е) в апреле-сентябре в период 2010–2014 гг.

Fig. 6. Mean summer (April-September) fields of the sea level air pressure (A), number of cyclones (Б), intensity of cyclones (В), and anomalies of these parameters (Г–Е) in the period 2010–2014

Влияние циклонов на термический режим в разных районах региона в холодное полугодие

Как правило, каждый проходящий над территорией циклон вызывает изменение ветрового режима, поэтому характер циклонической деятельности в течение длительного времени влияет на формирование результирующего ветрового переноса и типа атмосферной циркуляции. С другой стороны, 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). В силу этих факторов циклоническая деятельность может играть весьма существенную роль в формировании климатического режима дальневосточных морей.

В нашем случае проводилось сравнение глубины циклонов (их средней интенсивности) над Охотским, Японским, Беринговым морями и курильским районом с показателями рассчитанного для этих же районов «локального» зимнего муссона, выраженного в индексе циркуляции А.Л. Каца. В качестве индикатора термического состояния этих районов использовались данные о сплоченности льда в январе-марте.

Как видно на рис. 7, в наибольшей степени влияние циклонов на ветровой и термической режим проявляется в Охотском море и курильском районе (рис. 7, А, Б). При ослабленной циклонической деятельности (конец 1990-х гг.) активность северного переноса в обоих районах достигала максимальных значений, что обусловило экстремальный рост ледовитости. Однако в течение первого десятилетия нового века интенсивность и «охотоморских», и «курильских» циклонов стала неуклонно расти, и это отражалось на ветровой циркуляции. По мере прохождения мощных циклонов в их передних секторах всегда отмечается усиление южных ветров, которые способствуют ослаблению господствующего зимой северного переноса. Поэтому вполне закономерно, что именно в этот период в обоих районах произошло значительное ослабление северного переноса (локального зимнего муссона), а ледовитость в них снизилась до минимального уровня.

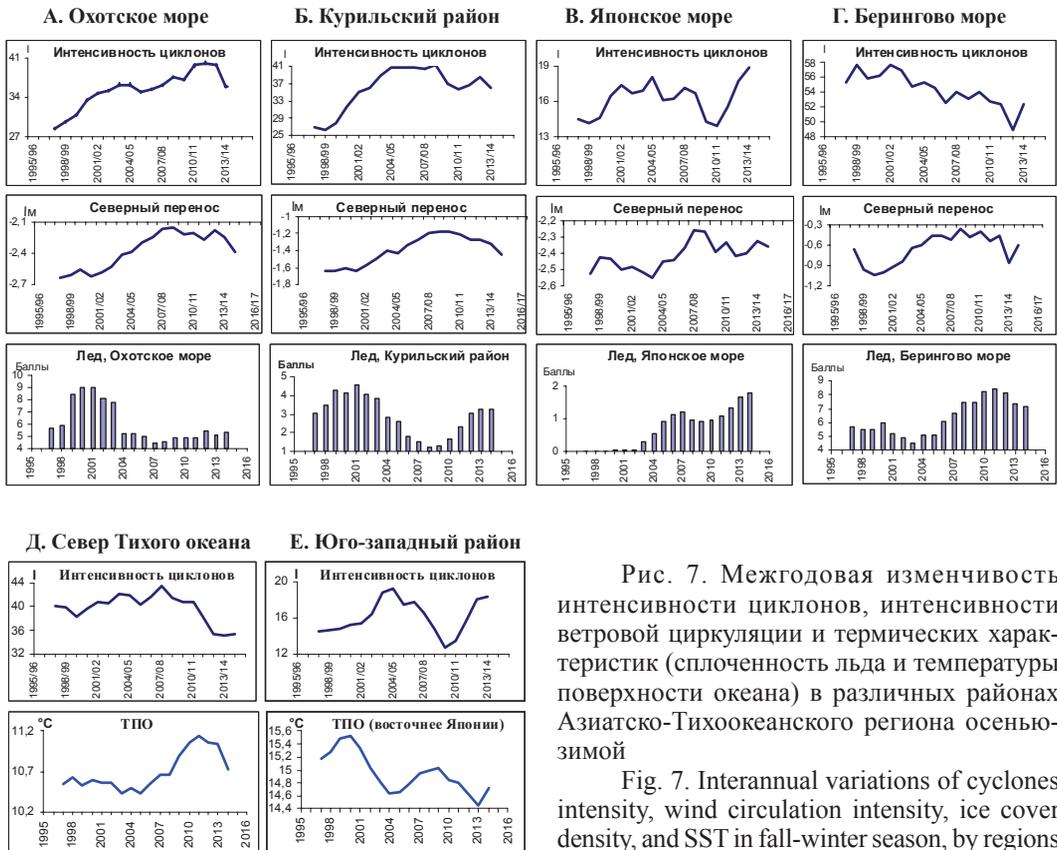


Рис. 7. Межгодовая изменчивость интенсивности циклонов, интенсивности ветровой циркуляции и термических характеристик (сплоченность льда и температуры поверхности океана) в различных районах Азиатско-Тихоокеанского региона осенью-зимой

Fig. 7. Interannual variations of cyclones intensity, wind circulation intensity, ice cover density, and SST in fall-winter season, by regions

В Беринговом море ситуация была противоположной «охотоморской». Постепенное ослабление циклонической деятельности, которое наблюдалось над бассейном на протяжении последнего 20-летнего периода, вызывало снижение активности северного переноса, но одновременно ледовитость увеличивалась, и максимум пришелся на конец 2000-х и начало 2010-х гг. (рис. 7, Г). Усиление «локального» муссона при активизации циклонов над Беринговым морем вполне объяснимо. Как уже отмечалось выше, наибольшей глубины циклоны достигают, как правило, на востоке берингоморского бассейна, остальная часть акватории оказывается под воздействием их тыловых ложбин с устойчивыми сильными северными ветрами. Связь однозначная — чем мощнее циклоны, тем активнее зимний муссон. Менее понятна ситуация, когда при сильном северном ветре ледовитость оказалась крайне низкой, в то время как последующее ослабление муссона привело к значительному ухудшению ледовой обстановки. Вероятно, для формирования сплоченных ледовых полей в Беринговом море благоприятной является ситуация с наименьшим ветровым напряжением.

Весьма необычная обстановка складывалась и в Японском море, где интенсивность циклонов (как и в соседних охотоморском и курильском районах) имела общую тенденцию на увеличение, зимний муссон также ослабевал, но ледовитость в зал. Петра Великого росла очень быстрыми темпами (рис. 7, В). Причем привлекает внимание то, что ход кривой ледовитости мало связан с интенсивностью и «япономорских» циклонов, и северного переноса над Японским морем, но практически полностью повторяет ход интенсивности «охотоморских» циклонов. Из этого можно предположить, что циклоны, проходящие севернее япономорской акватории, оказывают большее влияние на ее термический режим по сравнению с теми, которые выходят непосредственно на поверхность Японского моря. Объяснение этой ситуации было дано ранее (Глебова, 2017).

Аналогичное «охлаждающее» действие на подстилающую поверхность оказывают также циклоны, проходящие над океаническими районами. Например, «холодный» период в северной области Тихого океана (с середины 1990-х до середины 2000-х гг.) совпадал с периодом роста циклонической активности, а последующее затем ослабление «океанических» циклонов вызвало стремительный рост ТПО (рис. 7, Д). На юго-западе периодичность в изменении и интенсивности циклонов, и поверхностной температуры была иной, но и здесь снижение температуры, как правило, совпадало с периодами выхода наиболее глубоких циклонов (рис. 7, Е).

Объяснить это можно тем, что по мере прохождения глубокого циклона над открытыми водами океана 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).

Оказалось, что влияние циклонов на формирование термических условий в различных районах Азиатско-Тихоокеанского региона в холодный период года неоднозначно. В Охотском, Беринговом морях, курильском районе увеличение интенсивности циклонов приводит к потеплению режима вод (снижению ледовитости), а в Японском море, северном и юго-западном районах Тихого океана — к похолоданию.

Влияние циклонов на термический режим в разных районах региона в теплое полугодие

По аналогии с холодными сезонами анализ влияния циклонов на климатические условия в «локальных» районах проводился и для теплого периода года.

В западной части региона (Охотское, Японское моря, курильский район) процессы развивались практически синхронно. Постоянно возрастающая интенсивность циклонов, приходящих в эти районы из области материковых депрессий, влекла за собой активизацию южного переноса («локального» летнего муссона) (рис. 8, А–В), и, следовательно, усиление адвекции теплых воздушных масс.

Кроме того, под влиянием южных ветров могла усиливаться и циркуляция поверхностных вод в районах, а именно интенсифицировались теплые течения (в Японском море — Цусимское, в Охотском море — Западно-Камчатское, в СЗТО — ветви Куроисио). Вероятно, комплексное воздействие этих факторов и стало причиной роста здесь поверхностной температуры.

Отличительная ситуация вновь отмечалась в Беринговом море: интенсивность «беринговоморских» циклонов менялась периодически с большими амплитудами при слабой положительной тенденции, а интенсивность южного переноса и поверхностная температура моря — с похожей периодичностью, но в противофазе с ней. Так, в первой половине 2000-х и в начале 2010-х гг., когда мощность «беринговоморских» циклонов была ослабленной, в районе отмечалось усиление южного переноса и рост температуры (рис. 8, Г). И наоборот, при повышенном циклогенезе, которым отличался конец 2000-х гг., и ветровая циркуляция, и поверхностная температура были на низком уровне.

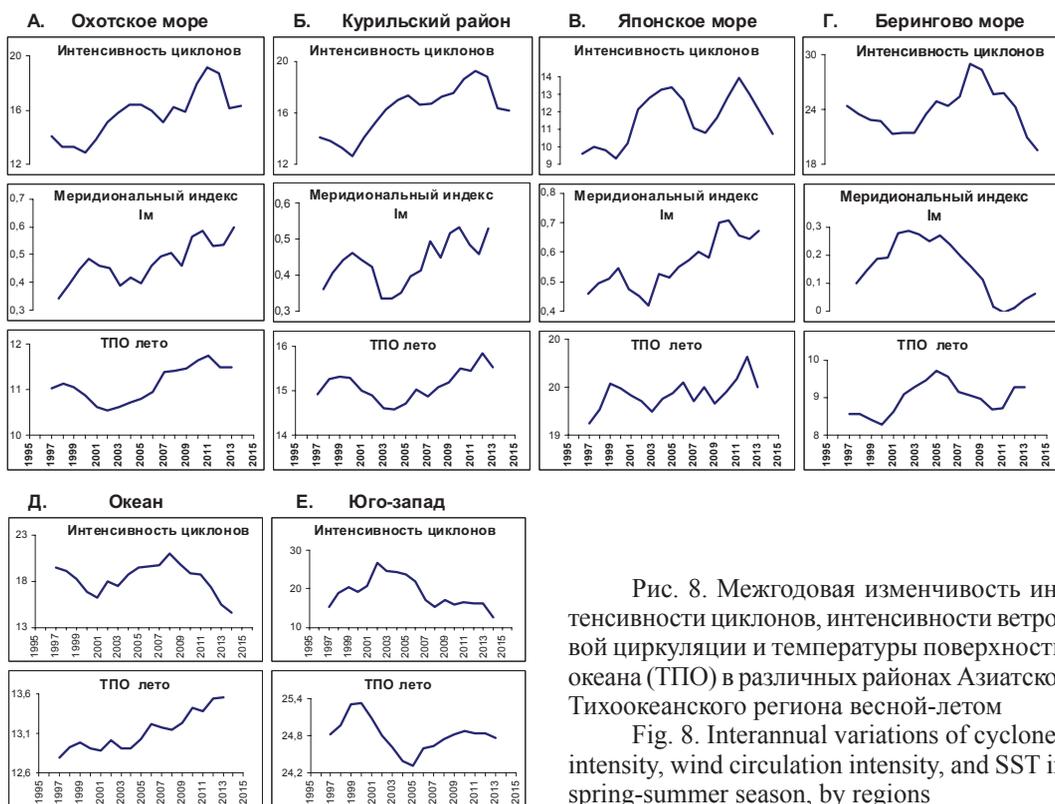


Рис. 8. Межгодовая изменчивость интенсивности циклонов, интенсивности ветровой циркуляции и температуры поверхности океана (ТПО) в различных районах Азиатско-Тихоокеанского региона весной-летом

Fig. 8. Interannual variations of cyclones intensity, wind circulation intensity, and SST in spring-summer season, by regions

Схема воздействия весенне-летних циклонов на формирование характера ветрового переноса такая же, как и в холодные сезоны. Поскольку наиболее активная циклоническая деятельность развивается на востоке Берингова моря (см. рис. 3, В), тыловые ложбины вызывают распространение северных ветров и затоки холодных воздушных масс на большую часть акватории. При этом южные ветры, которые летом преобладают над Беринговым морем, ослабевают, что может вызывать уменьшение притока теплых тихоокеанских вод. С другой стороны, мало интенсивные циклоны, как правило, не способны нарушать сезонный характер ветровой циркуляции, следовательно, южный летний муссон сохраняет свою устойчивость. Дополнительно, из-за сокращения числа глубоких циклонов над Беринговым морем уменьшается количество облаков, поэтому поступление солнечной радиации к поверхности происходит без ограничений. Все эти факторы способствуют росту поверхностной температуры воды.

Интенсивность «океанических» циклонов менялась с периодичностью, весьма схожей с периодичностью «берингоморских», но с отрицательным трендом (рис. 8, Е). Одновременное неуклонное повышение температуры свидетельствует о том, что ослабление циклонической активности над океаном весной и летом приводит (как и в холодные сезоны) к потеплению его поверхности.

Также отрицательная динамика была характерна для многолетнего хода интенсивности циклонов в районе Японских островов, на фоне которой выделялись циклы максимальных и минимальных значений (соответственно в середине 2000-х и середине 2010-х гг.) (рис. 8, Е). Температура поверхностных тихоокеанских вод в зоне их влияния также менялась с отрицательным трендом, но отмечавшиеся на этом фоне периоды колебания температуры поверхности океана оказались противоположны периодам циклонической активности. Например, в годы прохождения над районом наиболее глубоких циклонов (первая половина первого десятилетия) поверхностная температура была наименьшей, и наоборот, ослаблению циклонической активности в конце 1990-х и на рубеже 2000–2010-х гг. соответствовало потепление вод. Фактически

на поверхностную температуру в зоне своего следования циклоны этой группы, как и «океанические», оказывали «охлаждающее» действие.

Таким образом, в теплый период года воздействие циклонов на климатические характеристики в разных районах региона, как и в холодные сезоны, не одинаково. В Японском, Охотском морях и курильском районе активная циклоническая деятельность вызывает усиление южного ветрового переноса и способствует потеплению термического режима. Наоборот, в Беринговом море, северной и юго-западной части Тихого океана глубокие циклоны способны вызвать снижение температуры поверхностных вод.

Заключение

Характер циклонической деятельности в Азиатско-Тихоокеанском регионе в значительной степени определяется состоянием сезонных центров действия атмосферы, а циклоны, в свою очередь, сами играют большую роль в формировании климатического режима в разных «локальных» районах региона.

К концу 20-летнего периода (с середины 1990-х до середины 2010-х гг.) в осенне-зимние сезоны интенсивность алеутской депрессии снизилась, а сама она сместилась в западном направлении. В теплые сезоны, наоборот, летние центры действия атмосферы (гавайский антициклон и обе депрессии, дальневосточная и азиатская) акцентировались. Над океаном преобладающим стал повышенный фон давления (сформировалась область положительных аномалий приземного давления), в то время как над прибрежными районами, включая Охотское и Японское моря, фон давления был низким (слабоположительные аномалии зимой и отрицательные летом).

Изменился и характер циклонической деятельности. В течение всего года циклоны чаще стали проходить над океаном (летом заходили на восток Берингова моря). Но поскольку их траектории проходили в зоне повышенного давления, интенсивность «океанических» и «берингоморских» циклонов снижалась (некоторый рост активности наблюдался в весенне-летние сезоны в восточных районах Берингова моря). По мере ослабления циклонов, проходящих над Тихим океаном, его поверхностная температура и зимой, и летом заметно повышалась, достигнув наивысших значений в начале 2010-х гг.

На юго-западе региона (в районе японских островов), несмотря на одинаковую отрицательную тенденцию в ходе обоих показателей, их периодические колебания происходили в противофазе, и в годы активизации циклонов поверхностная температура здесь (как и в океане) понижалась во все сезоны.

В Беринговом море влияние циклонов на подстилающую поверхность проявлялась по-иному. Постепенное снижение интенсивности осенне-зимних циклонов способствовало росту ледовитости, т.е. здесь формировался все более «холодный» термический режим. В летний период, наоборот, активизация циклонической деятельности вызывает падение летней температуры поверхности океана.

Количество циклонов, которые следовали над Охотским морем и Курильскими островами (в поле пониженного давления), на протяжении всего периода сокращалось, но их интенсивность увеличивалась, что стало причиной потепления термического режима. Активизация циклонической деятельности (выход более глубоких циклонов) происходила и в Японском море, однако в холодные сезоны интенсивные циклоны вызывали здесь похолодание (рост ледовитости), а в теплые сезоны — увеличение поверхностной температуры.

Неоднозначное воздействие циклонов на водную среду проявилось в юго-западном районе региона. В холодный период года характер связи здесь был таким же, как в Японском море: поступление сюда мощных циклонов способствовало снижению температурного фона. В теплый период, наоборот, интенсивность циклонов уменьшалась, но поверхностная температура все равно становилась ниже.

Список литературы

- Винокурова Т.Т.** Сравнительная характеристика океанологических условий в системе вод Курошио в 1967–1970 гг. // Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 89. — С. 18–31.
- Глебова С.Ю.** Осенне-зимний циклогенез над Тихим океаном и дальневосточными морями и его влияние на развитие ледовитости // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 191. — С. 147–159. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-147-159.
- Глебова С.Ю.** Особенности развития атмосферных процессов над Беринговым морем в 2000–2006 гг. // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 151. — С. 271–289.
- Глебова С.Ю.** Типы атмосферных процессов над дальневосточными морями, межгодовая изменчивость их повторяемости и сопряженность // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 134. — С. 209–257.
- Кац А.Л.** Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы : моногр. — Л. : Гидрометеоиздат, 1960. — 270 с.
- Куницын А.В.** О количественной характеристике циклонической деятельности // Метеорол. и гидрол. — 1956. — № 6. — С. 29–30.
- 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.
- 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.
- 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 20.03.18 г.

Принята в печать 12.04.18 г.