

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 551.589.1



С.Ю. Глебова*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**СИБИРСКИЙ АНТИЦИКЛОН КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ
ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ
РЕГИОНЕ В ЗИМНИЙ, ВЕСЕННИЙ И ЛЕТНИЙ СЕЗОНЫ**

Рассматривается влияние Сибирского антициклона (его долготное положение в январе-марте) на характер циклонической деятельности над дальневосточными морями и Тихим океаном зимой, весной и летом. Показано, что при сдвиге антициклона на восток количество сезонных циклонов над регионом, как правило, снижается, но сами они имеют высокую интенсивность; при западном положении антициклона повторяемость циклонов зимой, весной и летом увеличивается, а их активность ослабевает. Отмечается, что влияние Сибирского антициклона на циклоны весной и летом имеет не прямой, а опосредованный характер, через Дальневосточную депрессию, параметры которой коррелируют как с долготой центра антициклона, так и с циклоническими показателями (количеством и интенсивностью весенних и летних циклонов).

Ключевые слова: Сибирский антициклон, долгота, количество циклонов, средняя интенсивность циклонов, Дальневосточная депрессия, корреляционные связи.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-879-894.

Glebova S.Yu. Siberian High as an important factor for development of cyclonic activity in the Far Eastern region in winter, spring and summer seasons // *Izv. TINRO*. — 2021. — Vol. 201, Iss. 4. — P. 879–894.

Influence of the Siberian High longitudinal position on cyclonic activity over the Far Eastern Seas and the Pacific Ocean in winter, spring and summer is considered. Eastward shift of this atmospheric center causes general decreasing of number of cyclones over the region, but their intensity increases; on the contrary: cyclones are more frequent but weaker when the Siberian High is located in western position. The Siberian High, being a winter center, cannot influence directly on spring and summer cyclones, but it influences on formation of the Far Eastern Low, which intensity correlates with number and intensity of spring and summer cyclones.

Key words: Siberian High, longitudinal position, number of cyclones, intensity of cyclones, Far- Eastern Low, correlation.

Введение

Исследования по изучению системы общей циркуляции атмосферы всегда актуальны и представляют значительный интерес для климатологов. К важнейшим звеньям циркуляции, безусловно, можно отнести центры действия атмосферы (ЦДА)

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

Glebova Svetlana Yu., Ph.D., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: svetlana.glebova@tinro-center.ru.

и циклоническую деятельность, взаимодействие которых не только отражает общие динамические процессы в атмосфере, но и влияет на многие особенности погоды и климата в различных районах.

На Дальнем Востоке одним из основных центров действия, определяющих в холодный период года циркуляцию и погоду над материком и океаном, является Сибирский антициклон, роль которого в формировании климатических особенностей в регионе ранее уже отмечалась [Стехновский, 1962; Ильинский, 1965; Дмитриев, Иванов, 1976; Дашко и др., 1997; Бабкин и др., 2005; и мн. др.]. Этот сезонный максимум образуется в осенне-зимний период над выхоленной поверхностью континента. Состояние антициклона во многом определяет конфигурация высотной фронтальной зоны (ВФЗ). При слабом возмущении ВФЗ и преобладании в тропосфере зонального переноса антициклон ослаблен и смещен на восток; при развитом высотном гребне над Сибирью и ложбине над океаном антициклон располагается на западе [Ильинский, 1962; Калачикова, 1968]. По мнению В.И. Бабкина с соавторами [2005], именно долгота Сибирского антициклона, играя весьма существенную роль в формировании особенностей атмосферного режима зимой, относится к разряду наиболее надежных характеристик для описания характера циркуляционных синоптических процессов в Северном полушарии.

В настоящей статье рассмотрено влияние Сибирского антициклона на развитие циклонической деятельности в Дальневосточном регионе. Выполнена оценка корреляционной связи положения ЦДА с количеством и интенсивностью приземных циклонов, проходящих над дальневосточными морями и северной частью Тихого океана в зимние месяцы, а также с состоянием Дальневосточной депрессии весной и летом и характеристиками циклонической деятельности в эти же сезоны.

Поскольку с выходом циклонов в районы промысла всегда связано ухудшение погодных условий, что может отрицательно сказаться на работе добывающего флота, заблаговременная информация о предполагаемом характере циклоничности в различных районах в период предстоящей путины (по состоянию зимних атмосферных процессов) может быть весьма полезной для прогнозирования.

Материалы и методы

Исходными данными для анализа динамики центров действия атмосферы послужили среднедекадные карты приземного давления, которые строились по ежедневным японским синоптическим приземным картам Японского метеорологического агентства (ЈМА) за 00 h по Гринвичу за период 1992–2020 гг.

Район 30–70° с.ш. 100° в.д.–160° з.д. был разбит на квадраты 10x10°, в узлах которых снимали значения приземного давления и осредняли их для каждых десяти дней месяца. Десятидневки характеризуют некую усредненную синоптическую ситуацию в распределении барических систем, позволяя тем самым получить информацию о положении (долгота, широта) и интенсивности (давление в центре) основных центров действия атмосферы, которые хорошо выявляются на подобных средних картах. В настоящей работе долгота центра Сибирского антициклона определялась по положению окружности с максимальным значением давления, а долгота Дальневосточной депрессии — по положению окружности с минимальным показателем давления. Параметры ЦДА, снятые с декадных карт, в дальнейшем осредняли по месяцам и сезонам, что дает возможность получить информацию о состоянии климатических центров в каждом конкретном сезоне.

Оценка циклонической деятельности проводилась методом построения карт траекторий циклонов за каждый месяц года для района 30–60° с.ш. 130° в.д.–160° з.д., включающего в себя дальневосточные моря (Японское, Охотское, Берингово), курильский район и северную часть Тихого океана. Для этого на специальные бланки наносились положения центров циклонов (рядом с которыми записывалось квадратное число замкнутых изобар), проходивших над районом в течение каждого месяца.

Методика подсчета количества циклонов была следующей:

— район исследования разбивали на квадраты $5 \times 5^\circ$ и затем суммировали число центров циклонов (N), прошедших через каждый квадрат в течение месяца (фактически определялось число циклоно-дней, но в дальнейшем в качестве синонимов будут использоваться термины «число», «количество», «повторяемость» циклонов);

— по картам распределения количества циклонов определяли оси и очаги наибольшей их повторяемости за каждый месяц (подобный способ расчета количества циклонов был предложен В.Ф. Ворониной [Хен, Воронина, 1986]).

Для исследования были выбраны шесть районов: выделенный регион ($30\text{--}60^\circ$ с.ш. 130° в.д.– 160° з.д.); *Берингово море* ($50\text{--}65^\circ$ с.ш. 160° в.д.– 160° з.д.); *Охотское море* ($45\text{--}60^\circ$ с.ш. $140\text{--}160^\circ$ в.д.); *Японское море* ($35\text{--}50^\circ$ с.ш. $130\text{--}145^\circ$ в.д.); *Курильский район* ($40\text{--}50^\circ$ с.ш. $140\text{--}160^\circ$ в.д.); *северная часть Тихого океана* ($40\text{--}50^\circ$ с.ш. 170° в.д.– 170° з.д.), для каждого из них отдельно определяли число циклонов, проходивших над ними в течение каждого месяца. Количество циклонов зимой определялось для периода 1992–2020 гг., весной и летом — для периода 1995–2020 гг.

Важнейшей характеристикой любого циклонического образования является его интенсивность, выраженная в индексе циклоничности, которая отражает кинетическую энергию массы воздуха, вовлеченного в циклоническую активность, и является даже более информативной характеристикой, чем давление в центре циклона [Тунеголовец, 2007; Поднебесных, 2010]. В нашем случае в качестве такого показателя был выбран индекс циклоничности (K) А.В. Куницына [1956], который определялся для тех же 5 -градусных квадратов по числу замкнутых изобар (n), очерчивающих каждый циклон (на японских синоптических картах изобары проведены через 4 гПа), возведенный в квадратную степень (n^2). Эта величина пропорциональна кинетической энергии массы воздуха, вовлеченной в циклоническую циркуляцию, и позволяет характеризовать энергетическую активность циклонов в каждом «локальном» квадрате в течение месяца, для которого была составлена сборно-кинематическая карта. Для оценки интенсивности циклоничности в регионе и каждом выделенном районе методом поквadratного суммирования подсчитывался общий индекс циклоничности $K = \sum n^2$.

Для определения средней интенсивности циклонов в каждом квадрате вычислялось отношение суммы индекса циклоничности к числу (N) циклонов ($\sum K/N$). Подробно методика расчета описана ранее [Глебова, 2012].

Месячные значения количества и средней интенсивности циклонов суммировали для трех рассматриваемых сезонов: зима (январь–март), весна (апрель–июнь), лето (июль–сентябрь), и затем формировали многолетние ряды данных для каждого района за периоды 1992–2020 гг. (циклоны зимой) и 1995–2020 гг. (циклоны весной и летом).

Для лучшей сравнимости результатов и исключения краткопериодной изменчивости все ряды сглажены осреднением по 5-летним периодам.

Количественная оценка степени связи изменений долготы центра Сибирского антициклона с характеристиками циклонической деятельности и Дальневосточной депрессии проводилась методом корреляционного анализа. Для определения значимости связи для 25-летнего ряда наблюдений было установлено пороговое значение коэффициента корреляции, соответствующее $R = 0,42$ при $p = 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Согласно представлениям О.К. Ильинского [1965] характер синоптических процессов на Дальнем Востоке в холодные сезоны года определяется двумя связанными между собой факторами: положением и интенсивностью Сибирского антициклона и циклонической деятельностью. Полученные нами количественные оценки связи между этими факторами представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Как следует из данных табл. 1, динамика числа циклонов во всех районах коррелирует отрицательно с изменением положения антициклона, но статистически

Таблица 1

Коэффициенты корреляции межгодовых изменений долготы Сибирского антициклона и количества и интенсивности зимних циклонов в разных районах региона

Table 1

Coefficients of correlation between interannual variations of the Siberian High center longitude and number and intensity of winter cyclones, by areas of the Far-Eastern region

	Весь регион	Берингово море	Тихий океан	Охотское море	Японское море	Курилы
<i>Количество циклонов</i>						
Долгота Сибирского антициклона	-0,54	-0,17	-0,36	-0,56	-0,14	-0,27
<i>Средняя интенсивность циклонов</i>						
Долгота Сибирского антициклона	0,79	0,52	0,84	0,55	0,72	0,57

значимой корреляция является только для всего региона и Охотского моря (соответственно $R = -0,54$ и $R = -0,56$). Наоборот, средняя интенсивность циклонов, выраженная в индексах циклоничности, с местоположением центра антициклона связана положительным образом, причем корреляция оказалась значимой для всех без исключения районов. Получается, что зимой важным условием для роста числа циклонов и снижения их активности во всем регионе является отход Сибирского максимума на запад, а при его восточном положении происходит сокращение числа атмосферных вихрей и их усиление (на это ранее обращал внимание и О.К. Ильинский [1965]).

До начала 2010-х гг. повторяемость циклонов в разных районах менялась не очень согласованно и с долготой максимума, и друг с другом. Например, в середине 2000-х гг., когда антициклон находился в крайнем восточном положении, заметное сокращение числа циклонов происходило лишь над северным районом Тихого океана и Беринговым морем, в то время как над Охотским, Японским морями и курильским районом они следовали достаточно часто. В течение 2010-х гг. на фоне стремительного отхода максимума на запад повторяемость циклонов повсеместно возросла до максимальных значений. Зато интенсивность циклонов (индекс циклоничности) во всех районах менялась практически синхронно с долготой центра: «пик» интенсивности пришелся на 2000-е гг. (в Охотском море отмечался в конце этого десятилетия), а самые «слабые» циклоны наблюдались в 1990 и 2010-е гг.

Период формирования, стабилизации и разрушения Сибирского максимума охватывает большую часть года (октябрь-апрель). Поэтому можно предположить, что его состояние в течение зимы сказывается на характере атмосферных процессов и в остальные сезоны.

Разрушение антициклона чаще всего происходит в апреле, когда он ослабевает и распадается на отдельные ядра [Простяков, 1947; Морозова, 2014]. Весной одно из таких ядер иногда устанавливается над Охотским морем, что способствует формированию охотского антициклона. Приходящие к побережью материковые циклоны не могут далее следовать через эту область высокого давления и задерживаются над бассейном р. Амур, где образуется весенне-летний центр действия — Дальневосточная депрессия, которая является «обратимой» по отношению к зимнему Сибирскому антициклону, т.е. формируется в том же районе, но после него. Поэтому не случайно, что межгодовые изменения обоих сезонных ЦДА оказались связаны между собой, причем весной с положением предшествующего антициклона в большей степени (с отрицательным знаком) коррелирует интенсивность депрессии (давление в центре) ($R = -0,64$), а летом — долгота ее центра ($R = 0,54$) (табл. 2).

Если зимой центр Сибирского антициклона находился преимущественно восточнее обычного положения, то весной и летом Дальневосточная депрессия также будет смещена к востоку и северу, а весной будет еще и более глубокой; после западного положения антициклона наблюдается последующее смещение депрессии к западу и югу, и весной ее активность может быть снижена.

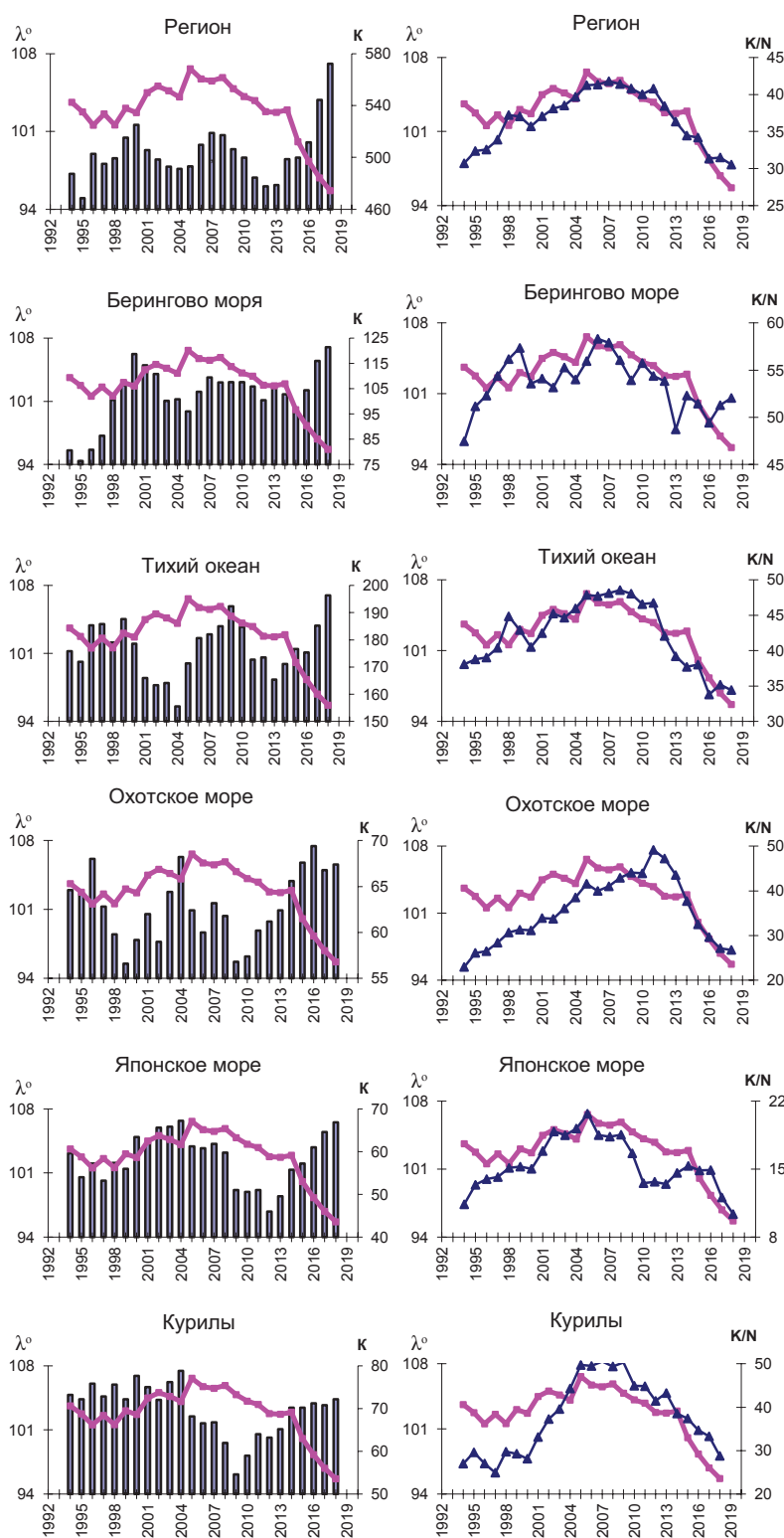


Рис. 1. Многолетний ход долготы центра Сибирского антициклона в сравнении с количеством (левый столбец) и средней интенсивностью (правый столбец) зимних циклонов в разных районах региона

Fig. 1. Dynamics of the Siberian High center longitude coupled with number (left panels) and average intensity (right panels) of winter cyclones, by areas of the Far-Eastern region

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между изменениями долготы центра Сибирского антициклона и характеристик Дальневосточной депрессии весной (апрель-июнь) и летом (июль-сентябрь)

Table 2

Coefficients of correlation between interannual variations of the Siberian High center longitude and parameters of the Far-Eastern Low in spring (April-June) and summer (July-September)

	Дальневосточная депрессия весной			Дальневосточная депрессия летом		
	Широта	Долгота	Давление в центре	Широта	Долгота	Давление в центре
Долгота Сибирского антициклона	0,45	0,58	-0,64	0,46	0,54	-0,11

Образование депрессии чаще всего происходит за счет «местных» циклонов, возникающих в этом же районе, но нередко сюда поступают и циклоны из других областей Азии, интенсивность которых имеет большое значение для ее дальнейшего развития. Ранее показано [Погосян, 1947; Полянская, 2011], что часть приходящих атмосферных минимумов бывают неглубокими и быстро заполняются в области депрессии, но некоторые из них следуют далее, на акватории дальневосточных морей, и углубляются. Исходя из этого можно предположить, что депрессия сама способна «регулировать» характер циклогенеза в регионе. Как показывают данные табл. 3 и 4, воздействие депрессии на процесс циклогенеза весной и летом проявляется по-разному. Весной определяющим фактором можно назвать глубину депрессии, поскольку только этот показатель демонстрирует значимую корреляционную связь с интенсивностью циклонов во всех без исключения районах, а с их количеством — в наибольшем числе районов (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между межгодовыми изменениями характеристик Дальневосточной депрессии и динамикой циклонической деятельности весной (апрель-июнь) по районам

Table 3

Coefficients of correlation between interannual variations of the Far-Eastern Low parameters and number and intensity of spring (April-June) cyclones, by areas of the Far-Eastern region

Дальневосточная депрессия	Регион	Берингово море	Тихий океан	Охотское море	Японское море	Курилы
<i>Количество циклонов</i>						
Широта	-0,08	0,21	-0,44	0,37	0,46	0,41
Долгота	-0,28	0,11	-0,63	0,23	0,27	0,23
Давление в центре	0,43	0,67	0,26	0,55	0,27	0,23
<i>Средняя интенсивность циклонов</i>						
Широта	0,15	0,14	0,21	-0,37	-0,38	-0,26
Долгота	0,27	0,23	0,31	-0,22	-0,22	-0,14
Давление в центре	-0,65	-0,51	-0,74	-0,51	-0,44	-0,75

Летом динамика интенсивности циклонов практически во всех районах (за исключением Японского моря) коррелирует с изменениями долготы депрессии, а с повторяемостью циклонов связь не так очевидна, поскольку значимой является лишь для всего региона в целом и Северной Пацифики (табл. 4). Характерно, что именно эти сезонные показатели состояния Дальневосточной депрессии демонстрируют наиболее тесную связь с изменениями положения Сибирского антициклона (см. табл. 2).

Интерпретировать полученные результаты можно следующим образом. В случаях хорошего развития Дальневосточной депрессии весной число циклонов, выходящих в регион, чаще всего сокращается, но при этом они более интенсивные. Такой характер развития процессов отмечался в течение 2000-х гг., когда на протяжении всего десятилетия давление в центре депрессии держалось на самом низком уровне, т.е.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между межгодовыми изменениями характеристик
Дальневосточной депрессии и динамикой циклонической деятельности летом
(июль-сентябрь) по районам

Table 4

Coefficients of correlation between interannual variations of the Far-Eastern Low parameters
and number and intensity of summer (July-September) cyclones, by areas of the Far-Eastern region

Дальневосточная депрессия	Регион	Берингово море	Тихий океан	Охотское море	Японское море	Курилы
<i>Количество циклонов</i>						
Широта	-0,34	0,18	-0,22	-0,52	-0,80	-0,56
Долгота	-0,61	0,05	-0,62	-0,20	0,14	-0,27
Давление в центре	-0,09	-0,20	-0,24	0,60	0,66	0,52
<i>Средняя интенсивность циклонов</i>						
Широта	0,39	0,55	0,10	0,75	0,09	0,75
Долгота	0,60	0,68	0,55	0,51	0,10	0,69
Давление в центре	0,03	-0,06	0,40	-0,63	-0,16	-0,37

ее активность постоянно была повышенной, а число циклонов практически во всех районах быстро сокращалось и к концу десятилетия достигло минимальных значений. При этом индекс циклоничности как показатель интенсивности циклонов везде был максимальным (рис. 2). Слабое развитие депрессии (повышенное давление в ее центре) пришлось на периоды конца 1990-х и 2010-е гг. В эти годы циклоны в регион выходили часто, но индекс циклоничности во всех районах был наиболее низким, что указывает на слабую циклоническую активность. В летние месяцы континент хорошо прогревается, поэтому приходящие в район Дальневосточной депрессии циклоны становятся глубокими, высокими, малоподвижными образованиями, в свою очередь способствующими появлению над дальневосточными морями новых частных циклонов [Ильинский, 1965], поэтому характер циклогенеза над ними в большей степени начинает определяться расположением депрессии по отношению к побережью. Благоприятным условием для частого выхода на акватории дальневосточных морей летних циклонов (как правило, малоинтенсивных) является западное расположение депрессии (как это было в 2000-е и середине 2010-х гг.). И наоборот, из приближенной к побережью депрессии циклоны на акватории морей выходят реже, но бывают наиболее глубокими (на рубеже 2000/2010-х гг.) (рис. 3).

Таким образом, и весной, и летом развитие циклоничности над дальневосточными морями зависит от состояния Дальневосточной депрессии, которое (как это было показано выше) связано с долготным положением Сибирского антициклона в январе-марте. Этим механизмом объясняется связь состояния антициклона с характером весеннего и летнего циклогенеза над регионом, убедиться в котором позволяют результаты корреляционного анализа (табл. 5) и графики на рис. 4 и 5.

И весной, и летом изменения долготы антициклона и количества циклонов коррелируют отрицательно (за исключением лета в Беринговом и Охотском морях), а изменения интенсивности — положительно, со значимыми коэффициентами. Хорошую согласованность между этими показателями демонстрируют и графики на рис. 4 и 5. Эти закономерности подобны обнаруженным при оценке влияния Сибирского максимума на характер зимней циклонической деятельности (см. табл. 1, рис. 1).

Таким образом, при устойчивом расположении Сибирского антициклона в январе-марте на **востоке** Евразии количество зимних, весенних и летних циклонов в регионе сокращается, но возрастает их интенсивность. При **западном** положении антициклона выход циклонов на дальневосточные моря во все сезоны происходит активно, но их интенсивность, как правило, невысокая. Следовательно, энергетические ресурсы циклонов (их интенсивность) во многом зависят от местоположения максимума, по-

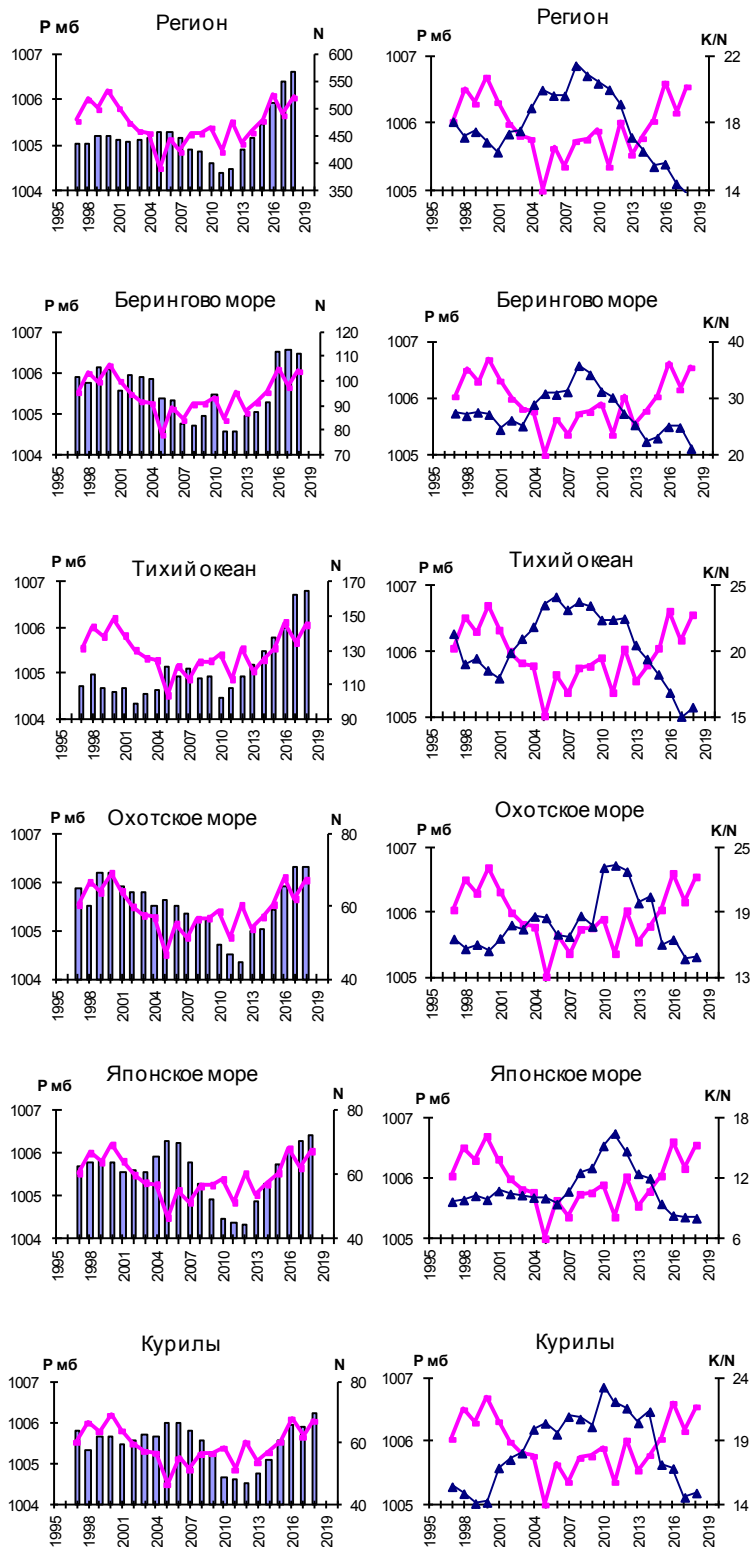


Рис. 2. Многолетний ход интенсивности Дальневосточной депрессии весной по сравнению с количеством (левый столбец) и интенсивностью (правый столбец) весенних циклонов в разных районах региона

Fig. 2. Dynamics of the Far Eastern Low intensity in spring coupled with number (left panels) and intensity (right panels) of spring cyclones, by areas of the Far-Eastern region

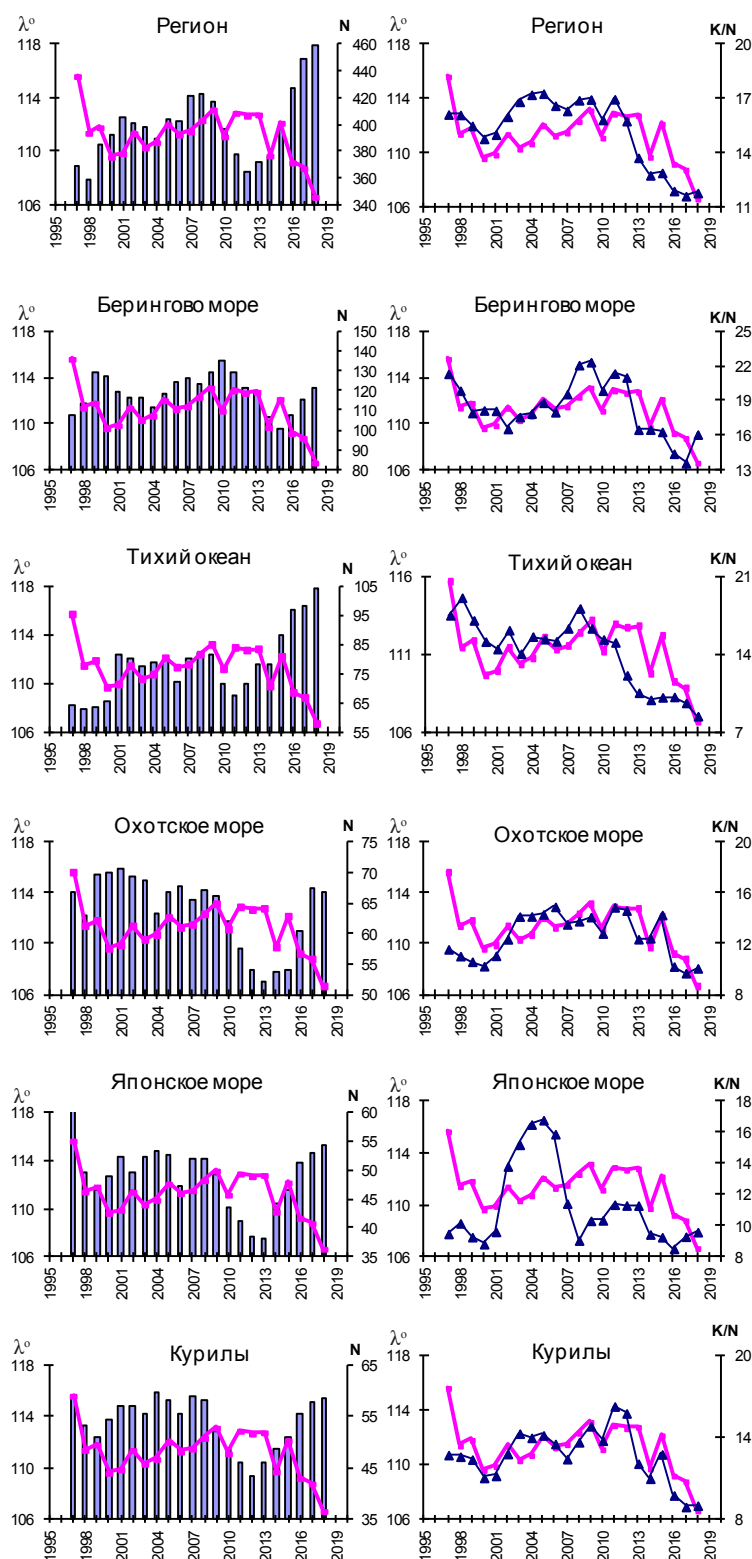


Рис. 3. Многолетний ход долготы Дальневосточной депрессии летом в сравнении с количеством (**левый столбец**) и интенсивностью (**правый столбец**) летних циклонов в разных районах региона

Fig. 3. Dynamics of the Far-Eastern Low intensity in summer coupled with number (**left panels**) and intensity (**right panels**) of summer cyclones, by areas of the Far-Eastern region

Таблица 5

Корреляционная связь межгодовых изменений долготы Сибирского антициклона в январе-марте с динамикой количества и интенсивности циклонов по районам весной и летом

Table 5

Coefficients of correlation between interannual variations of the Siberian High center longitude in January-March and number and intensity of cyclones in spring and summer, by areas of the Far-Eastern region

Динамика циклонов	Регион	Берингово море	Тихий океан	Охотское море	Японское море	Курилы
<i>Долгота Сибирского антициклона зимой — циклоны весной</i>						
Количество	-0,75	-0,59	-0,84	-0,41	-0,32	-0,25
Интенсивность	0,82	0,67	0,85	0,41	0,46	0,56
<i>Долгота Сибирского антициклона зимой — циклоны летом</i>						
Количество	-0,40	0,37	-0,58	0,19	-0,12	-0,02
Интенсивность	0,86	0,60	0,69	0,65	0,53	0,70

скольку значимая корреляционная связь изменений индекса циклоничности и долготы центра антициклона во всех выделенных районах сохраняется на протяжении трех сезонов подряд.

Попробуем объяснить этот результат исходя из известных представлений об особенностях формирования региональных синоптических процессов.

Зимой характерной особенностью крупномасштабных атмосферных процессов является возникновение над Западной Сибирью высотного гребня, а над Восточной Сибирью и Дальним Востоком — высотной ложбины. Между ними (Забайкалье, бассейн Амура) за счет термических, орографических и циркуляционных факторов складываются условия для накопления массы воздуха и, как следствие, формирования Сибирского антициклона. Местоположение этого ЦДА определяется характером переносов в тропосфере: при развитии над Дальним Востоком зональных процессов антициклон смещен на восток, а при меридиональных процессах занимает западное положение [Ильинский, 1965].

В первом случае (зональные переносы) тропосферные ложбины и гребни слабо выражены и достаточно подвижны. Антициклон, располагаясь вблизи побережья, становится преградой для выхода на акватории дальневосточных морей западных циклонов [Калачикова, 1968]. Сюда чаще начинают поступать южные циклоны, менее численные по сравнению с континентальными, но с хорошим запасом энергии. Проходя над водной поверхностью, они быстро углубляются и превращаются в мощные вихри. Весной антициклон начинает разрушаться и распадаться на отдельные ядра, что способствует формированию над выхоленной поверхностью Охотского моря поля высокого давления (охотского антициклона). В результате этого западные циклоны начинают стационаривать над континентальными районами, и образуется хорошо развитая квазистационарная Дальневосточная депрессия [Ильинский, 1960], положение которой коррелирует с долготой Сибирского максимума. При зональных процессах активность весенне-летних циклонов высокая [Ильинский, 1960], главным образом за счет южных циклонов, нередко тайфунов. Период восточного положения антициклона и выхода в регион во все сезоны наиболее глубоких южных циклонов пришелся на 2000-е гг., хотя в отдельных районах отмечались свои особенности. Например, в Охотском море зимой и весной, а в курильском районе весной и летом пик активности циклонов наблюдался в начале 2010-х гг., т.е. в фазу начала смещения антициклона на запад (рис. 1, 4, 5); в Японское море наиболее интенсивные циклоны весной выходили также в начале 2010-х, а летом — в начале 2000-х гг. Но в целом характер изменения долготы центра максимума и индексов циклоничности во все сезоны был очень схожим (рис. 4, 5).

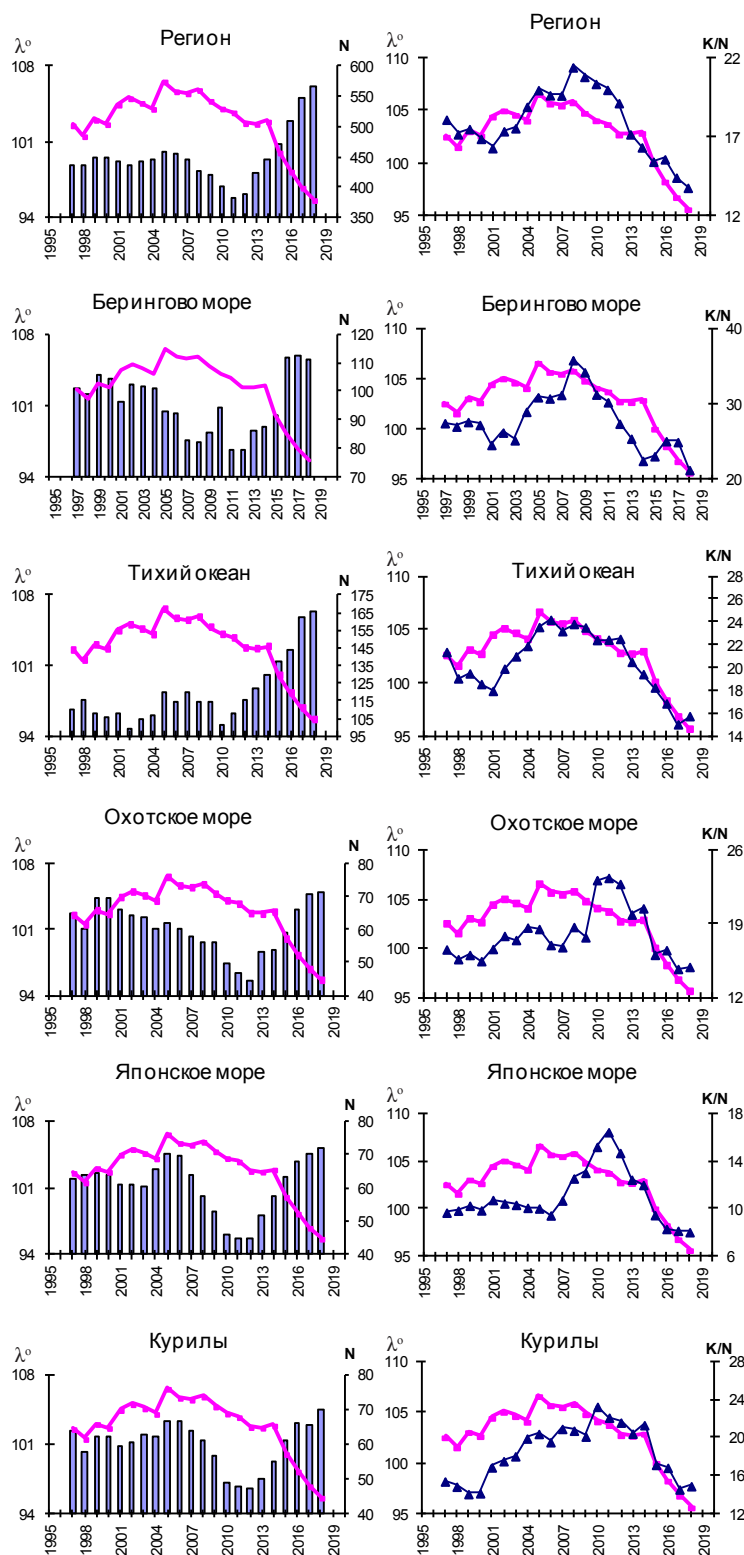


Рис. 4. Динамика долготы центра Сибирского максимума зимой в сочетании с количеством (левый столбец) и интенсивностью (правый столбец) весенних циклонов по районам Дальневосточного региона

Fig. 4. Dynamics of the Siberian High center longitude in winter coupled with number (left panels) and intensity (right panels) of spring cyclones, by areas of the Far-Eastern region

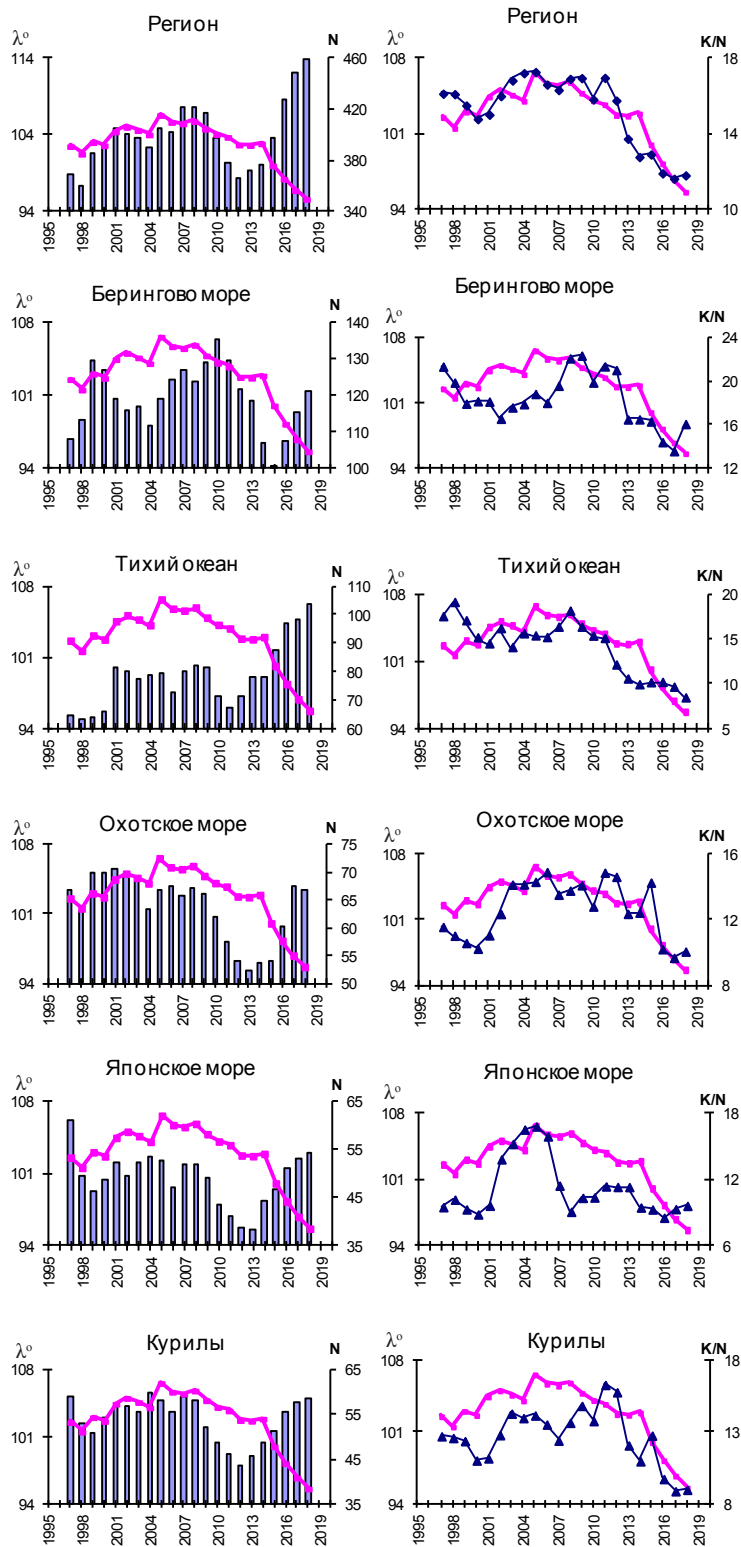


Рис. 5. Динамика долготы центра Сибирского максимума зимой в сочетании с количеством (левый столбец) и интенсивностью (правый столбец) летних циклонов по районам Дальневосточного региона

Fig. 5. Dynamics of the Siberian High center longitude in winter coupled with number (left panels) and intensity (right panels) of summer cyclones, by areas of the Far-Eastern region

В случае преобладающего развития зимой *меридиональных* переносов над дальневосточными морями располагается высотная ложбина, а над Сибирью — хорошо выраженный малоподвижный гребень, под которым устанавливается Сибирский антициклон. В передней части мощного антициклона усиливается адвекция на юг холодного воздуха, что приводит к обострению полярного атмосферного фронта [Ильинский, 1965]. При этом циклогенез над Дальним Востоком развивается бурно главным образом за счет неглубоких западных циклонов со слабым запасом энергии. Подчиняясь ведущему потоку, траектории циклонов имеют преимущественно меридиональную направленность, и весьма часто достигают Охотского моря. Не случайно, что именно в этом районе их количество показало значимую отрицательную связь с долготой центра Сибирского антициклона (см. табл. 1).

Большая продолжительность меридиональных процессов зимой, как правило, увеличивает и продолжительность группы зимних типов атмосферной циркуляции весной [Ильинский, 1960; Савина, Хмелевская, 1969]. Благодаря тому, что высотная ложбина над прибрежными районами еще сохраняется, выход ядер высокого давления на акваторию Охотского моря происходит неактивно, вследствие чего охотский антициклон бывает слабо выраженным. Одновременно над материком, все еще находящимся под влиянием высотного гребня, также формируется депрессия, но и она является «валой» и, как правило, смещена на юго-запад. Из области этого ЦДА в регион начинают выходить многочисленные западные циклоны, преимущественно неглубокие, и подобная картина сохраняется в последующем летнем сезоне.

За весь рассматриваемый период антициклон отходил к западу дважды. В конце 1990-х гг. смещение было незначительным, и, вероятно, поэтому его влияние на выход сезонных циклонов в разных районах проявлялось неодинаково. Только в Охотском, Японском морях и прикурильском районе высокая повторяемость циклонов в эти годы отмечалась во все сезоны, в то время как в Беринговом море увеличивалось число только весенних и летних циклонов, а над Тихим океаном — зимних. Но во всех без исключения районах интенсивность циклонов была слабой (см. рис. 1, 4, 5). В течение 2010-х гг., когда антициклон отходил на запад стремительными темпами, развитие циклоничности в регионе происходило очень слаженно: повсеместно количество циклонов увеличилось, а их интенсивность во все сезоны была крайне низкой.

Как видно из представленных графиков, в многолетнем плане смещение центра Сибирского максимума в западном или восточном направлении носит постепенный и довольно длительный характер. Поскольку в конце прошлого десятилетия он достиг своего крайнего западного положения, то, скорее всего, в течение 2020-х гг. может начаться его возвратное движение на восток. Исходя из этого следует ожидать, что количество неглубоких полярно-фронтальных циклонов над дальневосточными морями будет сокращаться, а число субтропических вихрей высокой интенсивности — увеличиваться, и это коснется всех сезонов.

Основным принципом долгосрочных синоптических прогнозов является единственность и непрерывность атмосферной среды, когда возникающие возмущения на одном участке передаются и в другие части, с запаздыванием и изменением характера возмущения*. С этой точки зрения, выявленные асинхронные связи могут иметь большое прогностическое значение: по положению Сибирского максимума зимой можно предсказать характер циклогенеза над дальневосточными морями в последующие весенний и летний сезоны. Как правило, изменение характеристик циклонов (их числа и интенсивности) влекут за собой перераспределение различных показателей в атмосфере и верхнем слое океана. Поэтому заблаговременная информация об особенностях циклонической деятельности в ближайшие годы может использоваться, например, для оценки погодно-климатических условий предстоящих путей.

* Статистические методы долгосрочного прогноза погоды. Учебно-методическое пособие для магистров направления «Гидрометеорология». Казань: Казан. гос. ун-т, 2018. 21 с.

Заключение

Выявленные количественные связи наглядно свидетельствуют о большой роли зимнего Сибирского антициклона в формировании синоптических условий в Дальневосточном регионе. Оказалось, что колебание центра антициклона в западном–восточном направлениях влияет на особенности развития циклонической деятельности над дальневосточными морями не только зимой, но и в последующих весеннем и летнем сезонах. При этом зимой влияние максимума на характер циклогенеза происходит напрямую, а весной и летом — опосредованно, через состояние Дальневосточной депрессии (ее интенсивность и расположение), параметры которой показали значимую корреляционную связь с долготой антициклона.

При сдвиге Сибирского антициклона на восток ближе к побережью он становится препятствием для выхода на дальневосточные моря большого количества западных циклонов, а циклоническая деятельность здесь чаще всего развивается за счет более редких циклонов, приходящих с южных широт. Весной и летом, также вблизи побережья, формируется активная Дальневосточная депрессия. Поэтому в периоды восточного положения Сибирского антициклона количество сезонных циклонов над районами региона либо бывает низким, либо имеет тенденцию к снижению, но сами барические минимумы обладают высокой энергией. Подобная ситуация максимального развития циклонов была характерна для 2000-х гг.

При смещении Сибирского максимума (и Дальневосточной депрессии в последующие сезоны) на запад материковые циклоны зимой, весной и летом поступают в регион значительно чаще, но, как правило, имеют невысокую интенсивность. Дрейф антициклона в западном направлении отмечался в конце 1990-х и 2010-е гг., причем в первом случае смещение было незначительным, а во втором — устойчивым и более заметным. Именно в течение 2010-х гг. число циклонов во всех районах Дальнего Востока приблизилось к максимальному значению, а индекс циклоничности (как показатель энергоемкости и интенсивности циклонов) также повсеместно снизился до самых минимальных показателей.

Учитывая, что долготное перемещение центра Сибирского максимума носит долгопериодный характер, можно заблаговременно прогнозировать сезонные особенности циклонической деятельности (а следовательно, и погодный режим) в регионе на ближайшие годы и оценивать, насколько благоприятными могут быть условия в периоды работы рыбодобывающих и научных судов.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

Бабкин В.И., Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Сибирский антициклон и его влияние на сток Оби, Енисея и Лены // Метеорол. и гидрол. — 2005. — № 4. — С. 102–108.

Глебова С. Ю. Зимний циклогенез над океаном как фактор последующих изменений в атмосферном и термическом режиме дальневосточных морей и СЗТО (со сдвигом один год // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 136–150.

Дашко Н.А., Варламов С.М., Хан Е.Х., Ким Е.С. Центры действия атмосферы Азиатско-Тихоокеанского региона и летние особенности погоды на побережье Японского и Охотского морей // Метеорол. и гидрол. — 1997. — № 9. — С. 14–23.

Дмитриев А.А., Иванов Н.А. Об экстремальном развитии некоторых центров действия атмосферы и влияние на них сил геофизического и приливного происхождения // Тр. ААНИИ. — 1976. — Т. 330. — С. 130–149.

Ильинский О.К. Летняя дальневосточная депрессия // Тр. ДВНИГМИ. — 1960. — Вып. 11. — С. 3–53.

Ильинский О.К. Опыт выделения основных форм циркуляции атмосферы над Дальним Востоком // Тр. ДВНИГМИ. — 1965. — Вып. 20. — С. 26–45.

Ильинский О.К. Основные черты летней циркуляции тропосферы над умеренными широтами Восточной Азии // Тр. 1-й науч. конф. по общей циркуляции атмосферы. — М. : Гидрометеиздат, 1962. — С. 175–182.

Калачикова В.С. Синоптические условия формирования и разрушения азиатского антициклона // Тр. ДВНИГМИ. — 1968. — Вып. 26. — С. 83–102.

Куницын А.В. О количественной характеристике циклонической деятельности // Метеорол. и гидрол. — 1956. — № 6. — С. 29–30.

Морозова С.В. Характеристика зимнего Азиатского антициклона на фоне настоящих климатических изменений // Изв. АО РГО. — 2014. — Вып. 1(35). — С. 55–57.

Погосян Х.П. Сезонные колебания общей циркуляции атмосферы : Тр. ЦИП. — Л. : Гидрометеиздат, 1947. — Вып. 1(28). — 87 с.

Поднебесных Н.В. Динамика циклонической и антициклонической активности над Сибирью : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Томск : ИМКЭС СО РАН, 2010. — 22 с.

Полянская Е.А. Синоптические процессы Восточной Сибири и Дальнего Востока : учеб. пособие. — Саратов : СГУ, 2011. — 48 с.

Простяков С.М. Типы синоптических процессов Восточной Азии : моногр. — М. : Гидрометеиздат, 1947. — 193 с.

Савина С.С., Хмелевская Л.В. Изменение циркуляции атмосферы и климата в XX столетии // Природа. — 1969. — № 2. — С. 38–46.

Стежновский Д.И. Барическое поле земного шара : моногр. — М. : Гидрометеиздат, 1962. — 131 с.

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

Хен Г.В., Воронина В.Ф. Межгодовые колебания южной границы холодных шельфовых вод восточной части Берингова моря в связи с крупномасштабной синоптической изменчивостью // Тр. ДВНИГМИ. — 1986. — Вып. 125. — С. 10–20.

References

Babkin, V.I., Vorobyev, V.N., and Smirnov, N.P., The Siberian High and its influence on the discharge of the Ob, Yenisei, and Lena, *Meteorol. Gidrol.*, 2005, no. 4, pp. 102–108.

Glebova, S.Yu., Winter cyclogenesis over the ocean as a factor of subsequent changes in the atmospheric and thermal regime of the Far-Eastern Seas and North-West Pacific (with one year lag), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 170, pp. 136–150.

Dashko, N.A., Varlamov, S.M., Khan, E.H., and Kim, E.S., Centers of action of the atmosphere of the Asia-Pacific region and summer weather features on the coast of the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk, *Meteorol. Gidrol.*, 1997, no. 9, pp. 14–23.

Dmitriev, A.A. and Ivanov, N.A., On the extreme development of some atmospheric action centers and the influence of geophysical and tidal forces on them, *Tr. Arkt. Antarkt. Nauchno-Issled. Inst.*, 1976, vol. 330, pp. 130–149.

Ильинский, О.К., The summer Far Eastern low-pressure area, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1960, vol. 11, pp. 3–53.

Ильинский, О.К., The experience of identifying the main forms of atmospheric circulation over the Far East, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1965, vol. 20, pp. 26–45.

Ильинский, О.К., The main features of the summer circulation of the troposphere over the temperate latitudes of East Asia, in *Tr. I-y nauch. konf. po obshchey tsirkulyatsii atmosfery* (Tr. 1st Scientific conference on the general circulation of the atmosphere), Moscow: Gidrometeorizdat, 1962, pp. 175–182.

Kalachikova, V.S., Synoptic conditions for the formation and destruction of the Asian anticyclone, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1965, vol. 26, pp. 83–102.

Kunitsyn, A.V., On the quantitative characteristics of cyclonic activity, *Meteorol. Gidrol.*, 1956, no. 6, pp. 29–30.

Morozova, S.V., Characteristics of winter Asian anticyclone under current climate changes, *News of the Altai branch of the Russian Geographical Society*, 2014, vol. 1(35), pp. 55–57.

Pogosyan, Kh.P., Seasonal fluctuations of the general atmospheric circulation, *Tr. Tsent. Inst. Prognozov*, Leningrad: Gidrometeorizdat, 1947, vol. 1, no. 28.

Podnebesnykh, N.V., Dynamics of cyclonic and anticyclonic activity over Siberia, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*, Tomsk: Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010.

Polyanskaya, E.A., *Sinopticheskiye protsessy Vostochnoy Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Synoptic processes in Eastern Siberia and the Far East), Saratov: SGU, 2011.

Prostyakov, S.M., *Tipy sinopticheskikh protsessov Vostochnoy Azii* (Types of synoptic processes in East Asia), Moscow: Gidrometeoizdat, 1947.

Savina, S.S. and Khmelevskaya, L.V., Changes in the circulation of the atmosphere and climate in the XX century, *Priroda*, 1969, no. 2, pp. 38–46.

Stekhnovskiy, D.I., *Baricheskoye pole zemnogo shara* (Baric field of the globe), Moscow: Gidrometeoizdat, 1962.

Tunegolovets, V.P., Cyclonic activity over the northwestern part of the Pacific Ocean and the Far Eastern seas and an assessment of its impact on the active layer, in *Dal'nevostochnye morya Rossii. Kn. 1: Okeanologicheskiye issledovaniya* (Far Eastern Seas of Russia, Book 1: Oceanological research), Moscow: Nauka, 2007, pp. 60–96.

Hen, G.V. and Voronina, V.F., Interannual fluctuations of the southern boundary of cold shelf waters in the eastern part of the Bering Sea due to large-scale synoptic variability, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1986, vol. 125, pp. 10–20.

Statisticheskiye metody dolgosrochnogo prognoza pogody (Statistical methods for long-term weather forecasting. Study guide for masters of the direction «Hydrometeorology»), Kazan: Kazan. gos. un-t, 2018.

Поступила в редакцию 9.11.2021 г.

После доработки 26.11.2021 г.

Принята к публикации 30.11.2021 г.