

ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО АНТИЦИКЛОНА И ВАРИАЦИИ ЛЕДОВИТОСТИ АРКТИКИ В ОСЕННИЕ МЕСЯЦЫ

Холопцев А. В.

д. геогр. н., профессор, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Россия, e-mail: kholoptsev@mail.ru

Кононова Н. К.

к. геогр. н., Институт географии РАН, Москва, Россия,
e-mail: NinaKononova@yandex.ru

Аннотация. Изучено влияние на изменения ледовитости в осенние месяцы суммарной продолжительности действия блокирующих элементарных циркуляционных механизмов в соответствующих секторах Арктики.

Ключевые слова: Арктика, ледовитость, связи, арктические блокирующие процессы, элементарный циркуляционный механизм, синоптическое положение, арктический антициклон

ВВЕДЕНИЕ

Изменения ледовитости арктических регионов являются существенным фактором изменения климата, проходимости и безопасности водных путей. Они значимо влияют также на многие другие физико-географические процессы [22], которые ощутимо сказываются на развитии мировой экономики и условиях жизни людей. Поэтому совершенствование методик их прогнозирования является актуальной проблемой климатологии и физической географии.

Так как многие причины, которые вызывают эти изменения, изучены недостаточно [4], при их прогнозировании применяются статистические методы. Адекватность получаемых таким образом прогнозов может быть приемлемой, если факторы, которые учитываются при их разработке, связаны с изучаемыми процессами статистически устойчиво и значимо [2]. Поэтому выявление факторов изменений ледовитости различных арктических регионов, которые обладают указанными свойствами, представляет значительный теоретический и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой современных представлений о факторах изменений ледовитости акваторий Мирового океана являются работы Н.Н. Зубова [15], Л.С. Берга [5], В.Ю. Визе [6], В.В. Шулейкина [23]. В них показано, что важным фактором этого процесса является ветер, оказывающий непосредственное механическое воздействие на дрейф льдов. Значимость влияния ветра на рассматриваемые процессы подтверждена результатами исследований, выполненных многими современными отечественными и зарубежными учеными [1, 3, 14].

Установлено, что особенности поля скорости ветра в Арктике зависят от синоптического положения над Арктическим и Субарктическим климатическими поясами, которое определяется расположением над ними областей повышенного и пониженного атмосферного давления. Наиболее существенное влияние на него оказывает расположение и характеристики Арктического антициклона, Исландского и Алеутского минимумов, а также Сибирского антициклона (в холодный период года) [9, 20].

Зимой Арктический антициклон образуется над Гренландией, Аляской и островами Канадского архипелага, а летом – над Баренцевым и Чукотским морем. Летом он вызывает холодные ветры северных направлений (румбов) над Субарктикой, а зимой смыкается с Сибирским антициклоном и совместными действиями понижает температуру воздуха до минимальных значений северного полушария.

В секторе Северного полушария, в направлении которого смещен Арктический антициклон, существенно увеличивается повторяемость и суммарная продолжительность арктических блокирующих процессов, что значимо влияет на климат соответствующих регионов Северного Умеренного и Субтропического климатического пояса. В соответствующий сектор Арктики не проникают южные циклоны, вследствие чего здесь очень холодно, сильных ветров не наблюдается, а ледовитость соответствующих акваторий повышена.

Вхождения в те или иные сектора Арктики южных циклонов не только приводят к потеплению, но и вызывают усиление ветров, ускоряющих дрейф и препятствующих образованию ледовых полей. Поэтому они также могут являться существенным фактором изменений ледовитости арктических акваторий.

Вследствие этого, перемены расположения и характеристик Арктического антициклона, которые ежегодно активизируются в переходные сезоны (весной и осенью), способны существенно и по-разному влиять на ледовитость различных регионов Арктики.

Ощутимыми являются и их межгодовые изменения. Установлено, что в конце XX-начале XXI века Арктический антициклон, как правило, был смещен в направлении восточных секторов Арктики (Дальневосточного, Тихоокеанского и Американского). В то же время в Атлантическом и Европейском секторах была повышена циклоническая активность. Вследствие этого в восточных секторах Арктики ледовитость, как правило, была выше, чем в ее западных секторах.

Влияющие на ледовитость различных секторов Арктики изменения синоптического положения отражают вариации структуры общей циркуляции атмосферы, которые обусловлены последовательной сменой элементарных циркуляционных механизмов (далее ЭЦМ) [10].

Б.Л. Дзерdzeевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой разработан подход к типизации макроциркуляционных процессов в атмосфере над Северным полушарием [12]. В соответствии с ним, существует 41 ЭЦМ, которые относятся к 13 типам, четырём группам циркуляции. Установлено, что в Северном и Южном полушариях изменения структуры атмосферной циркуляции происходят сопряженно, что позволило распространить упомянутый подход на всю земную атмосферу [8].

Признаком, который позволяет отнести ту или иную структуру атмосферной циркуляции к соответствующему ЭЦМ, является наблюдаемое синоптическое положение над Арктикой, а также расположения путей, по которым развиваются арктические вторжения.

В периоды действия некоторых ЭЦМ расположения областей повышенного и пониженного атмосферного давления в ряде секторов Арктики, а также пути, по которым развиваются арктические вторжения и выходы южных циклонов, могут быть подобными [13,17]. В такие периоды сходными могут быть и характеристики ветра в соответствующих регионах Арктики, и оказываемые ветром воздействия на дрейфующие в них льды.

Вызванные подобными воздействиями изменения ледовитости некоторой акватории могут быть тем ощутимей, чем дальше характеристики порождающего их ветра сохраняются неизменными и чем больше суммарная продолжительность действия подобных ЭЦМ.

Следовательно, одной из характеристик атмосферной циркуляции, изменения которой могут быть связаны с вариациями ледовитости некоторых арктических акваторий, является суммарная продолжительность действия (СПД) блокирующих ЭЦМ в соответствующих секторах Арктики.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

Изменениям СПД блокирующих ЭЦМ для того или иного сектора Северного полушария могут в разных секторах Арктики соответствовать различные вариации их ледовитости. Так как подобные вариации являются следствием тех или иных перемещений дрейфующих льдов, которые происходят медленно, изменения ледовитости акваторий могут запаздывать по времени по отношению к вариациям СПД обуславливающих их ЭЦМ.

Установлено [11], что блокирующими для различных секторов Северного полушария, являются ЭЦМ, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Блокирующие ЭЦМ в секторах Северного полушария

Европейский	Сибирский	Дальне-восточный	Тихо-океанский	Американский	Атлантический
4а, 4б, 4в, 8бз, 10а, 10б, 12вз,	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 8бл, 8вз, 8вл, 8гз, 8гл, 11а, 12бл, 12вл	5а, 5б, 5в, 5г, 8бз, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12вз, 12вл, 12г	6, 8вз, 8вл, 9а, 12а, 12г	7аз, 7ал, 7бз, 7бл, 8а, 10а, 10б, 11а, 11б, 11в, 11г, 12а, 12бз, 12бл, 12вз, 12вл, 12г	3, 8а, 8бл, 8гз, 8гл, 9а, 12а, 12бз, 12бл, 3

Нами выявлено, что, если в зимний сезон Арктический антициклон смещен в сторону некоторого сектора Северного полушария, районы Арктики, где межгодовые изменения их ледовитости значимо и устойчиво связаны с вариациями СПД блокирующих для этого сектора ЭЦМ, в основном расположены в других секторах, куда в это время приходят южные циклоны. Корреляция изменений ледовитости таких районов, а также данных вариаций, отрицательная. В том же (совпадающем) секторе Арктики подобные районы практически отсутствуют.

Аналогичные закономерности выявлены и для летних месяцев. Это позволяет использовать выявленные связи при прогнозировании изменений ледовитости на соответствующих участках водных путей.

Вместе с тем в последние годы навигация на многих участках водных путей Арктики осуществляется не только в июле-сентябре, но и продолжается в октябре-ноябре, несмотря на проблемы, связанные с наступлением полярной ночи. Поэтому значительный практический интерес представляет выявление связей между смещениями Арктического антициклона и изменениями ледовитости в каких-либо ее районах, происходящими в осенние месяцы, которые ныне изучены недостаточно.

Целью данной работы является выявление расположений районов Арктики, где межгодовые изменения их ледовитости устойчиво и значимо связаны с опережающими их по времени смещениями Арктического антициклона в сторону того или иного сектора Северного полушария.

Для достижения указанной цели изучены статистические связи межгодовых изменений ледовитости всех акваторий, расположенных к северу от параллели 67°N, а также опережающих их по времени на 0-4 месяца СПД блокирующих ЭЦМ.

В качестве фактического материала использованы временные ряды среднемесячных значений ледовитости за 1982 -2015 гг., которые представлены в [27].

Информация о продолжительности действия в том или ином месяце и году каждого блокирующего ЭЦМ получена из [28].

При выявлении изучаемых связей использован метод корреляционного анализа, а также критерий Стьюдента [2]. Для повышения адекватности получаемых таким образом выводов в сопоставляемых временных рядах выделены и скомпенсированы линейные тренды.

Вывод о значимости рассматриваемой статистической связи делался, если значение коэффициента парной корреляции между соответствующими фрагментами полученных временных рядов по модулю превышало уровень 95 % порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента. Этот уровень определен с учетом числа степеней свободы данных фрагментов.

С учетом рекомендаций [19] установлено, что изучаемые статистические связи могут быть признаны надежными и пригодными для прогнозирования, если сопоставляемые фрагменты рассматриваемых временных рядов содержат от 25 до 34 членов. Поэтому при выявлении статистической устойчивости изучаемых связей их значимость оценена для каждого фрагмента соответствующих временных рядов за период 1982-2015 гг., который имеет именно такую длину. Связь признана статистически устойчивой, если ее значимость установлена для всех подобных фрагментов (общее количество которых равно 55). При этом вероятность ошибочности подобного вывода не превышает 1/55.

Границы областей, в пределах которых расположены выявленные районы, отображены на контурных картах различных секторов Арктики с использованием метода триангуляции Делоне [21].

При выделении секторов использована схема районирования Арктики, которая предложена Б.Л. Дзердзеевским [10]. В соответствии с ней, здесь выделены сектора Атлантический (60°W-0°W), Европейский (0°E-60°E), Сибирский (60°E-120°E), Дальневосточный (120°E-170°E), Тихоокеанский (170°E-120°W) и Американский (120°W-60°W).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с описанной методикой для всех районов Арктики изучены статистические связи межгодовых изменений их ледовитости в осенние месяцы с опережающими их по времени вариациями СПД блокирующих ЭЦМ для всех секторов Северного полушария. Установлено, что значимыми и устойчивыми эти связи для некоторых районов являются лишь при условии, что подобное опережение не превышает 3 месяца.

Распределение по секторам Арктики выявленных районов, где изменения ледовитости в сентябре связаны с опережающими их по времени вариациями СПД блокирующих ЭЦМ для различных секторов Северного полушария, показано в таблице 2.

Таблица 2. Распределение по секторам Арктики районов, где изменения ледовитости в сентябре значимо и устойчиво связаны с опережающими их вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в различных секторах Северного полушария

Вариации СПД в июне												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	64	50	15	0	4	0	0	2	21	0	2	0
Сибирский	36	119	15	0	17	0	0	54	111	17	11	19
Дальневосточный	29	49	0	14	4	0	1	0	35	0	0	0
Тихоокеанский	65	80	1	3	1	1	0	13	25	40	0	14
Американский	30	223	5	0	9	0	4	2	100	0	14	1
Атлантический	20	63	0	25	7	0	13	2	43	0	16	0
Всего	244	584	36	42	42	1	18	73	335	57	43	34

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

Вариации СПД в июле												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	7	5	55	0	65	0	12	36	56	0	75	0
Сибирский	9	28	69	3	50	2	43	102	23	1	74	24
Дальневосточный	50	0	15	87	3	38	68	54	0	36	25	206
Тихоокеанский	4	0	2	116	65	1	6	20	103	0	1	202
Американский	4	0	14	2	57	11	8	13	48	5	2	4
Атлантический	5	5	0	0	3	0	8	3	0	0	5	1
Всего	79	38	155	208	243	52	145	228	230	42	182	437
Вариации СПД в августе												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	2	0	11	0	52	0	1	0	50	0	18	0
Сибирский	0	46	30	0	36	0	0	0	65	0	102	11
Дальневосточный	0	34	0	0	8	0	0	17	8	34	14	1
Тихоокеанский	48	32	0	0	10	0	1	31	22	59	14	13
Американский	18	27	24	0	66	26	2	5	56	132	29	2
Атлантический	5	1	0	0	16	0	0	0	12	22	1	0
Всего	73	140	65	0	188	26	4	53	213	247	178	27
Вариации СПД в сентябре												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	32	0	0	0	0	2	0	202	0	8	5	7
Сибирский	3	0	1	0	0	3	0	22	7	18	1	2
Дальневосточный	0	0	0	11	9	0	116	0	93	0	3	0
Тихоокеанский	1	54	0	4	56	4	138	0	32	2	18	3
Американский	14	3	15	0	116	0	33	0	8	0	26	0
Атлантический	8	2	11	0	11	3	0	6	0	0	3	0
Всего	58	59	27	15	192	12	287	230	140	28	56	12

Из таблицы 2 следует, что на изменения ледовитости районов Арктики в сентябре наиболее сильно влияют вариации СПД в июне ЭЦМ, которые являются блокирующими в Европейском и Американском секторах. При этом количество районов Арктики, для которых корреляция изменений ледовитости, с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в Европейском секторе отрицательна, значительно превышает количество районов, где она положительна. Районов с отрицательной корреляцией в рассматриваемом случае больше всего в американском секторе Арктики, хотя немало их и в ее Сибирском секторе.

Также из таблицы 2 видно, что вариации СПД в июле блокирующих ЭЦМ для Сибирского, Дальневосточного, Тихоокеанского или Атлантического сектора Северного полушария существенно влияют на изменения в сентябре ледовитости районов Арктики.

Подобных районов, где корреляция рассматриваемых процессов отрицательна, заметно больше, чем районов, где она положительна. Районов с положительной корреляцией рассматриваемых процессов также больше, если при их определении учитываются СПД ЭЦМ, которые являются блокирующими в Дальневосточном и Американском секторе.

В сентябре изменения ледовитости наибольшего количества районов Арктики значимо и устойчиво связаны с вариациями СПД в августе ЭЦМ, которые являются блокирующими в Американском секторе Северного полушария. При этом интенсивней в сентябре процессы разрушения ледовых полей, которые обусловлены смещениями в августе Арктического антициклона в сторону Американского и Европейского секторов Северного полушария. Преобладают они в Американском и Тихоокеанском секторе Арктики. Повышается в сентябре интенсивность льдообразования в Арктике, если в августе происходят смещения Арктического антициклона в сторону Дальневосточного и Атлантического сектора Северного полушария. Больше всего районов, где связи между рассматриваемыми процессами значимы и устойчивы, а их корреляция положительна, в Сибирском и Американском секторах Арктики.

Рассматриваемая таблица показывает также, что наибольшим является количество районов Арктики, где межгодовые изменения их ледовитости в сентябре значимо и устойчиво связаны с совпадающими с ними по времени вариациями СПД ЭЦМ, если эти ЭЦМ блокирующие для Тихоокеанского сектора. При этом количества районов, где корреляция данных процессов положительна, расположенных в Тихоокеанском и Дальневосточном секторе Арктики, приблизительно равно количеству районов, где она отрицательна (они находятся в ее Европейском секторе).

Из рассматриваемой таблицы нетрудно заключить, что районы Арктики, где корреляция рассматриваемых процессов положительна, всегда расположены в секторах, для которых соответствующие ЭЦМ являются блокирующими. Следовательно, они расположены в секторе Арктики, в сторону которого в соответствующем месяце был смещен Арктический антициклон. Районы, где корреляция тех же процессов отрицательна, расположены в противоположных секторах. Положения этих секторов всегда совпадают с направлениями, по которым в период действия соответствующих ЭЦМ, происходит выход южных циклонов.

В целом полученный результат указывает на существенность влияния, оказываемого смещениями Арктического антициклона на ледовитость Арктики.

Распределение по секторам Арктики районов, где изменения ледовитости в октябре связаны с вариациями СПД ЭЦМ, которые в предшествующие месяцы являются блокирующими для различных секторов Северного полушария, показано в таблице 3.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

Таблица 3. Распределение по секторам Арктики районов, где изменения ледовитости в октябре значимо и устойчиво связаны с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в различных секторах Северного полушария

Вариации СПД в июле												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	145	0	7	0	17	0	46	28	9	3	30	0
Сибирский	87	0	20	12	24	6	82	139	7	0	66	87
Дальневосточный	72	0	0	60	0	33	1	71	0	16	42	211
Тихоокеанский	180	0	0	170	0	3	79	10	1	0	50	131
Американский	131	11	4	9	10	21	2	24	6	8	1	3
Атлантический	142	0	0	8	1	0	8	0	0	1	5	0
Всего	757	11	31	259	52	63	218	272	23	28	194	432
Вариации СПД в августе												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	0	13	4	0	47	0	10	0	35	24	79	0
Сибирский	0	8	6	0	26	0	5	1	41	2	93	0
Дальневосточный	0	14	4	26	8	0	0	30	7	11	0	0
Тихоокеанский	4	36	1	94	4	0	16	67	1	56	10	113
Американский	29	5	6	30	73	5	3	11	62	86	4	4
Атлантический	1	84	0	0	13	6	0	0	12	231	2	0
Всего	34	160	21	150	171	11	34	109	158	410	188	117
Вариации СПД в сентябре												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	5	0	0	0	0	6	0	6	1	6	2	0
Сибирский	4	0	0	0	7	0	4	1	2	6	0	0
Дальневосточный	0	4	0	0	2	0	153	0	5	0	4	0
Тихоокеанский	7	0	1	0	12	0	149	0	65	0	3	14
Американский	10	15	4	0	18	0	0	0	10	0	5	5
Атлантический	2	0	0	0	2	0	0	0	3	0	2	0
Всего	28	19	5	0	41	6	306	7	86	12	16	19

Вариации СПД в октябре												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	57	0	0	0	1	1	31	4	39	0	30	9
Сибирский	18	1	1	1	8	0	20	3	4	24	14	30
Дальневосточный	0	0	3	0	1	1	8	0	0	112	0	169
Тихоокеанский	0	51	12	0	16	0	8	14	10	9	10	0
Американский	5	3	20	0	5	1	64	7	4	0	7	14
Атлантический	0	0	6	0	5	0	16	5	9	1	9	0
Всего	80	55	42	1	36	3	147	33	66	146	70	222

Из таблицы 3 видно, что наиболее сильное влияние на изменения ледовитости в октябре оказывают вариации СПД в июле ЭЦМ, которые являются блокирующими в Европейском и Атлантическом секторе Северного полушария. Районов, в которых корреляция изменений их ледовитости с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в Европейском секторе отрицательна, гораздо меньше, чем районов, где она положительна. Таких районов больше в Европейском, Тихоокеанском, Американском и в Атлантическом секторе Арктики, хотя немало их и в ее Сибирском секторе.

Районов с отрицательной корреляцией изменений ледовитости в октябре с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в Атлантическом секторе Северного полушария значительно больше, чем районов с положительной корреляцией этих процессов. Подобные районы в основном сосредоточены в Дальневосточном и Тихоокеанском секторе.

На изменения ледовитости в октябре наибольшее влияние оказывают вариации СПД в августе ЭЦМ, которые являются блокирующими в Дальневосточном и Американском секторе. Районов, где корреляция изменений ледовитости с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в указанных секторах отрицательна, гораздо больше, чем районов, где она положительна. Такие районы находятся в основном в Тихоокеанском и Атлантическом секторе Арктики.

Изменения ледовитости в октябре в основном обусловлены вариациями СПД в сентябре блокирующих ЭЦМ в Тихоокеанском секторе. Среди таких районов преобладают те, в которых корреляция изменений ледовитости с вариациями СПД указанных ЭЦМ положительна. Такие районы находятся в основном в Тихоокеанском и Дальневосточном секторе Арктики.

На рассматриваемый процесс в октябре наибольшее влияние оказывают вариации СПД в октябре ЭЦМ, которые являются блокирующими в Атлантическом секторе. Преобладает отрицательная корреляция. Такие районы находятся, главным образом, в Дальневосточном секторе Арктики.

Как видим, наиболее сильное влияние на изменения ледовитости районов Арктики в октябре оказывают вариации СПД блокирующих ЭЦМ в июле. При этом количество районов с положительной и отрицательной корреляцией процессов приблизительно одинаково.

Рассматриваемая таблица также свидетельствует о том, что корреляция изменений ледовитости районов некоторого сектора Арктики с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ для того же сектора, как правило, является положительной. Таких районов всегда больше в том секторе, в который в предыдущие месяцы был смещен Арктический антициклон. Больше всего районов с отрицательной корреляцией изменений ледовитости всегда расположено в другом секторе Арктики.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

Распределение по секторам Арктики районов, где изменения ледовитости в ноябре значимо и устойчиво связаны с вариациями СПД в предыдущие месяцы ЭЦМ, которые являются блокирующими для различных секторов Северного полушария, показано в таблице 4.

Таблица 4. Распределение по секторам Арктики районов, где изменения ледовитости в ноябре значимо и устойчиво связаны с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ в различных секторах Северного полушария

Вариации СПД в августе												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Знак корреляции	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	0	68	0	61	24	0	17	0	21	51	4	0
Сибирский	2	3	1	13	18	0	0	0	29	4	10	1
Дальневосточный	0	14	0	3	8	1	11	6	8	37	29	0
Тихоокеанский	27	23	0	1	1	54	25	25	1	11	22	40
Американский	51	0	6	1	61	1	0	1	62	20	24	17
Атлантический	8	1	0	33	14	46	7	2	12	138	27	3
Всего	88	109	7	112	126	102	60	34	133	261	116	61
Вариации СПД в сентябре												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Знак корреляции	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	6	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Сибирский	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дальневосточный	28	0	0	5	5	0	215	0	41	0	7	0
Тихоокеанский	58	0	0	11	24	0	231	0	31	0	32	39
Американский	52	0	25	0	13	0	0	2	1	0	0	8
Атлантический	56	5	2	0	5	11	1	0	1	5	8	1
Всего	233	5	27	16	48	12	448	2	74	5	47	48
Вариации СПД в октябре												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Знак корреляции	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	1	0	1	8	0	10	16	5	0	0	2	2
Сибирский	14	1	0	20	0	8	15	10	0	3	0	18
Дальневосточный	0	0	2	0	0	0	7	5	0	60	0	112
Тихоокеанский	2	0	2	38	0	93	3	2	0	0	4	0
Американский	5	0	76	8	0	89	59	6	0	0	3	5
Атлантический	1	0	12	17	0	0	12	2	0	0	4	1
Всего	23	1	93	91	0	200	112	30	0	63	13	138

Вариации СПД в ноябре												
Сектор СП	Европейский		Сибирский		Дальне-восточный		Тихоокеанский		Американский		Атлантический	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Европейский	0	0	30	1	0	1	4	32	4	7	0	3
Сибирский	0	3	36	0	0	0	0	3	0	0	1	0
Дальневосточный	0	44	10	0	0	13	73	13	0	201	7	0
Тихоокеанский	0	50	1	0	1	32	0	18	1	263	0	0
Американский	0	7	65	1	2	17	63	1	1	0	0	0
Атлантический	1	0	14	0	0	26	9	0	1	5	0	1
Всего	1	104	156	2	3	89	149	67	7	476	8	4

Таблица 4 показывает, что наиболее существенное влияние на изменения ледовитости в ноябре оказывают вариации СПД в августе блокирующих ЭЦМ для Американского сектора. Районов с отрицательной корреляцией гораздо больше, чем с положительной. Больше всего их в Атлантическом секторе Арктики.

На происходящие в ноябре изменения ледовитости наибольшее влияние оказывают вариации СПД в сентябре блокирующих ЭЦМ в Тихоокеанском секторе. Районов с положительной корреляцией гораздо больше, чем с отрицательной. Такие районы находятся в основном в Тихоокеанском и Дальневосточном секторе Арктики.

Изменения ледовитости в ноябре в основном обусловлены вариациями СПД в октябре ЭЦМ, которые являются блокирующими в Дальневосточном секторе. Преобладают отрицательные корреляции. Эти районы находятся в основном в Тихоокеанском и Американском секторе Арктики.

Наибольшее влияние на изучаемый процесс оказывают вариации СПД в ноябре ЭЦМ, которые являются блокирующими в Американском секторе. Преобладает отрицательная корреляция изменений ледовитости с вариациями СПД указанных ЭЦМ. Такие районы находятся главным образом в Дальневосточном и Тихоокеанском секторе Арктики.

Как видим, наиболее сильное влияние на изменения ледовитости районов Арктики в ноябре оказывают вариации СПД блокирующих ЭЦМ в июле. При этом преобладают районы с отрицательной корреляцией.

Сравнивая результаты, представленные в данной таблице, с полученными нами ранее, заметим, что во многом особенности, выявленные в данной работе для ноября, аналогичны тем, которые являются характерными для декабря. Отличия их состоят в том, что, наряду с районами отрицательной корреляции изучаемых процессов, существующих во все зимние месяцы, в ноябре существует также немало районов, где их корреляция положительна. Расположены эти районы в основном в секторах, для которых рассматриваемые ЭЦМ являются блокирующими.

Больше всего районов с отрицательной корреляцией изменений их ледовитости с вариациями СПД блокирующих ЭЦМ для некоторого сектора Северного полушария всегда соответствует другому сектору Арктики.

Сопоставление таблиц 2-4 свидетельствует о том, что смещения в летние месяцы Арктического антициклона в те или иные сектора Северного полушария значимо влияют на ледовитость в

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

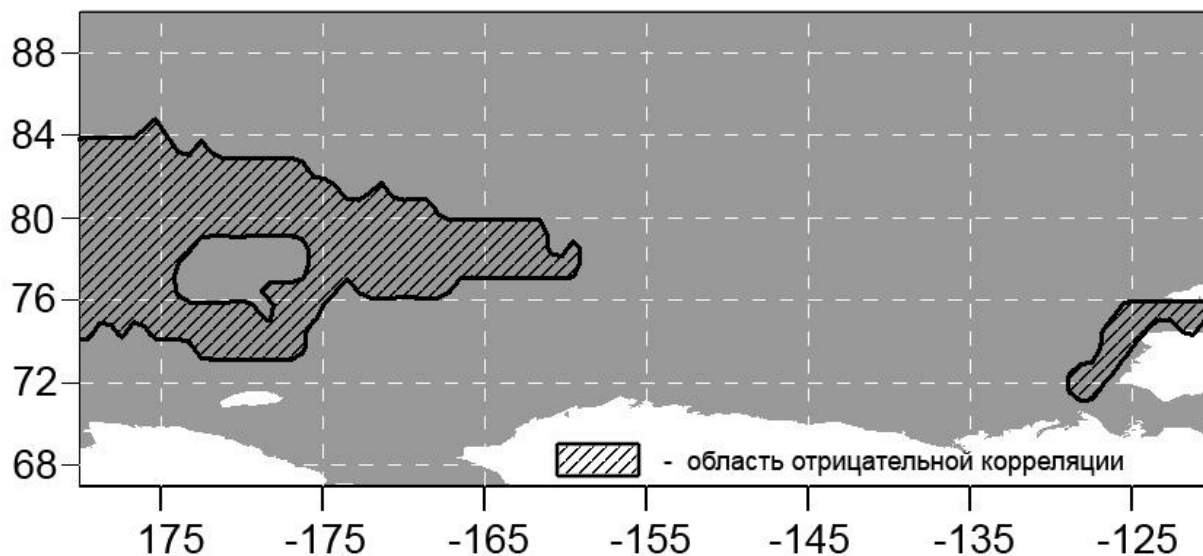
осенние месяцы многих регионов Арктики. Наиболее сильным это влияние является при временных сдвигах между этими процессами 2-3 месяца.

Количество районов Арктики, в которых межгодовые изменения ледовитости значимо и устойчиво связаны с вариациями этих смещений, является наибольшим, если эти изменения соответствуют октябрю, а смещения – июлю.

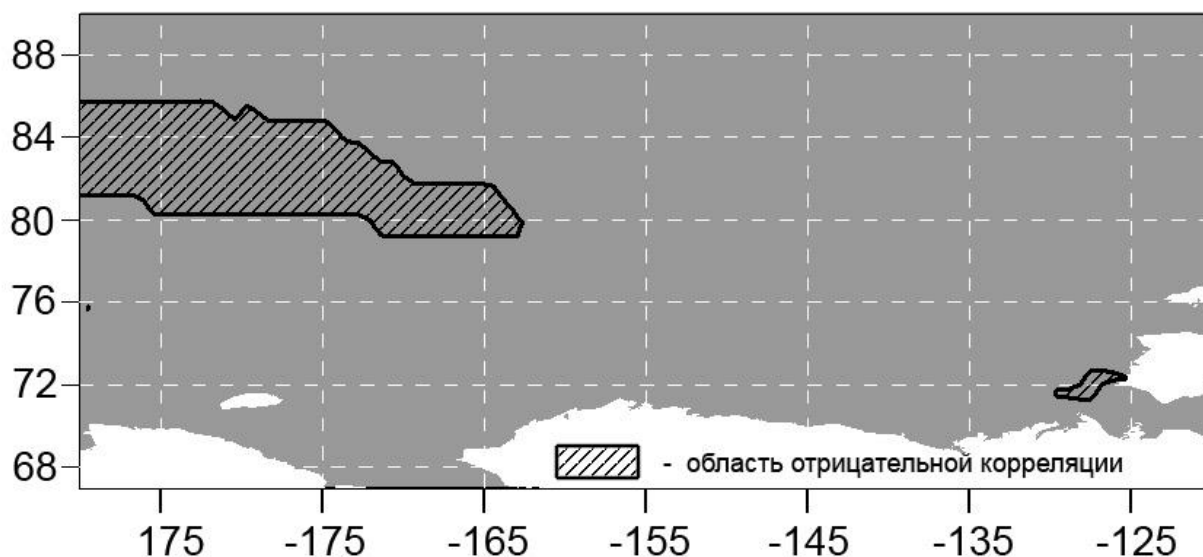
Среди районов Арктики, где корреляция рассматриваемых процессов отрицательна, в любые осенние месяцы преобладают районы Тихоокеанского сектора Арктики.

В качестве примера на рисунке 1 приведены расположения выявленных районов Тихоокеанского сектора Арктики, для которых корреляция межгодовых изменений ледовитости в те или иные осенние месяцы с вариациями СПД в июле ЭЦМ, блокирующих в некоторых секторах Северного полушария, значима и отрицательна.

А)



Б)



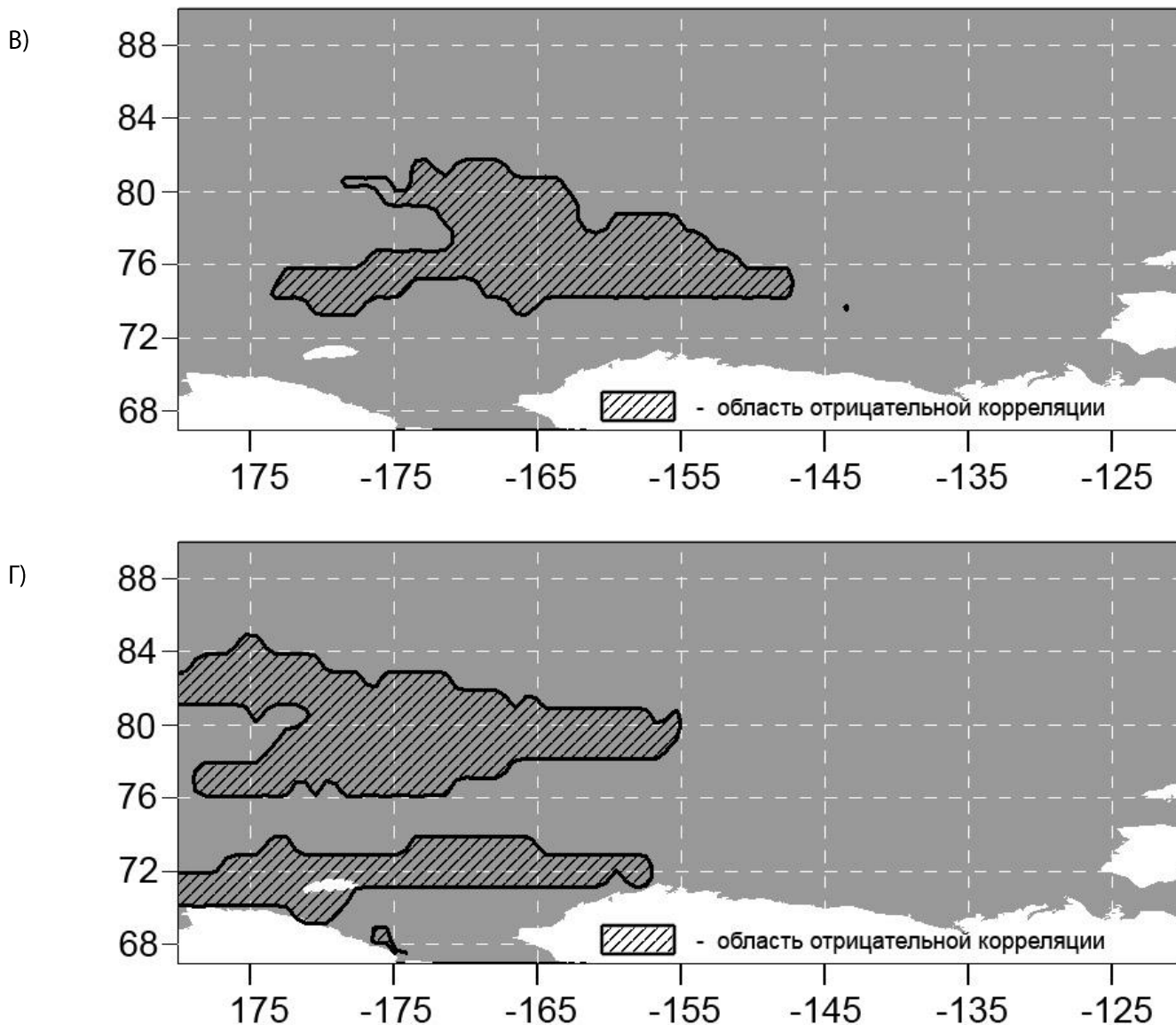


Рис. 1. Районы Тихоокеанского сектора Арктики, для которых корреляция межгодовых изменений их ледовитости в те или иные осенние месяцы с вариациями СПД в июле ЭЦМ, блокирующих в некоторых секторах Северного полушария, значима и отрицательна
 А) ледовитость в сентябре, блокировки в Атлантическом секторе;
 Б) ледовитость в октябре, блокировки в Атлантическом секторе;
 В) ледовитость в октябре, блокировки в Сибирском секторе;
 Г) ледовитость в ноябре, блокировки в Американском секторе.

Из рисунка 1 видно, что в любые осенние месяцы районы Тихоокеанского сектора Арктики, где межгодовые изменения их ледовитости значимо отрицательно коррелированы с вариациями в июле СПД ЭЦМ, существуют, если последние являются блокирующими в некоторых других секторах Северного полушария. При этом подобные районы в основном сосредоточены в Чукотском море, восточной части Восточно-Сибирского моря, а также прилегающих к ним акваториях Северного Ледовитого океана. Кроме них в сентябре и октябре существуют также сравнительно небольшие районы в восточной части моря Бофорта.

Во многом аналогичны особенности расположения рассматриваемых районов, которые соответствуют случаям, когда СПД ЭЦМ соответствуют другим месяцам, а их вариации опережают изменения ледовитости на 1-4 месяца.

Следует отметить, что изменения ледовитости, соответствующие ноябрю, значимо коррелированы с вариациями СПД указанных ЭЦМ в некоторых районах, через которые проходит трасса Северного морского пути.

Арктические районы, где корреляция изучаемых процессов положительна, в любые месяцы расположены в основном в секторах, в которые смещен Арктический антициклон.

В качестве примера, на рисунке 2 приведены расположения выявленных районов Арктики.

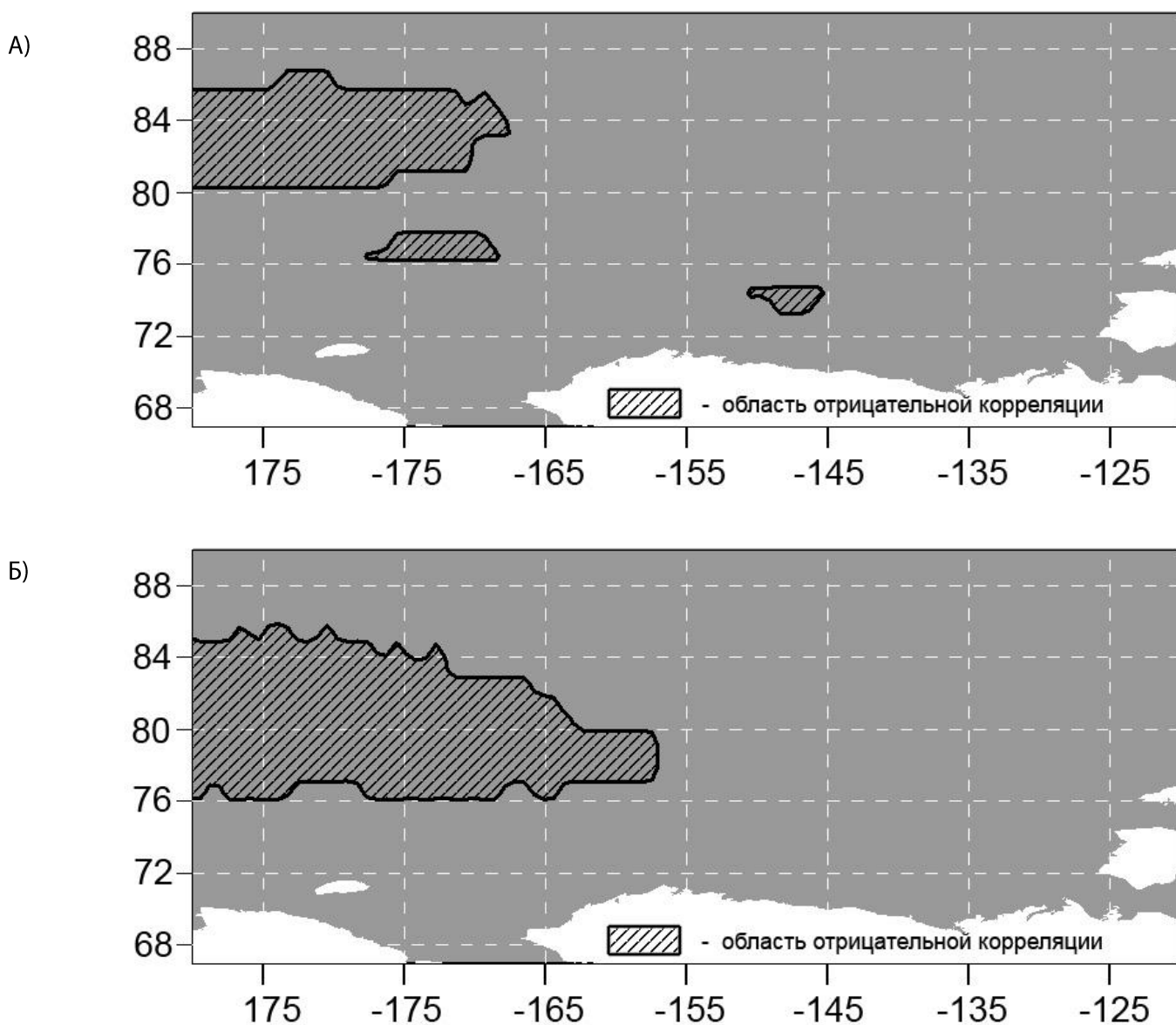


Рис. 2. Районы Тихоокеанского сектора Арктики, для которых корреляция межгодовых изменений их ледовитости в те или иные осенние месяцы с вариациями СПД в сентябре ЭЦМ, блокирующих в Тихоокеанском секторе Северного полушария, значима и положительна
А) октябрь; Б) ноябрь.

Из рисунка 2 видно, что в сентябре и октябре существуют районы Тихоокеанского сектора Арктики, где межгодовые изменения их ледовитости значимо положительно коррелированы с вариациями в сентябре СПД ЭЦМ, которые являются блокирующими в том же, Тихоокеанском, секторе. Подобные районы расположены в Чукотском море, восточной части Восточно-Сибирского моря, а также прилегающих к ним акваториях Северного Ледовитого океана.

Сопоставляя рисунок 1 и 2, нетрудно сделать вывод, что многие из показанных на них районов совпадают, несмотря на то, что знаки корреляции соответствующих им процессов противоположны. Последнее указывает на то, что основной причиной выявленных особенностей являются различия направлений смещения Арктического антициклона.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Временной интервал, к которому относятся рассматриваемые процессы, практически совпадает с третьим и четвертым периодами третьей циркуляционной эпохи [18].

В отличие от третьего ее периода (1981-1997 гг.), в котором ледовитость Арктики интенсивно уменьшалась, а над ее приполярными районами все чаще располагалась область низкого давления, в современном, четвертом периоде, который начался с 1998 г., темпы снижения ледовитости Арктики существенно снизились [3]. Над Арктическим бассейном все чаще располагается антициклон, а в секторах, в которые он в то или иное время оказывается смещен, развиваются арктические блокирующие процессы. В противоположные секторы при этом происходят вхождения южных циклонов. Вследствие этого в одних секторах Арктики в осенние месяцы происходит похолодание, а ветры стихают, а в других – потепление, и ветры усиливаются, что не может не оказывать ощутимого влияния на ледовитость многих районов.

Выявленные расположения секторов Северного полушария, при смещении в которые летом Арктического антициклона ледовитость акваторий Арктики в осенние месяцы изменяется наиболее ощутимо, далеко не случайны. Это подтверждает и таблица 5, в которой приведены средние значения СПД в июне – ноябре блокирующих ЭЦМ для различных секторов Северного полушария, соответствующие четвертому периоду третьей циркуляционной эпохи.

Таблица 5. Суммарная продолжительность действия в июне – ноябре блокирующих ЭЦМ для различных секторов Северного полушария, вычисленные за период 1998-2015 гг.

Месяц	Атлантический	Европейский	Сибирский	Дальне-восточный	Тихоокеанский	Американский
Июнь	237	42	61	70	181	120
Июль	221	64	74	58	155	114
Август	267	46	108	106	173	153
Сентябрь	201	32	69	158	164	213
Октябрь	234	42	69	258	167	301
Ноябрь	189	44	107	253	117	268
Всего	1349	270	488	903	957	1169

Из таблицы 5 следует, что в июне – августе суммарная продолжительность смещений Арктического антициклона в сторону Атлантического сектора Северного полушария была заметно больше, чем аналогичные показатели для его смещений в прочих направлениях. В ноябре преобладали его смещения в сторону Дальневосточного и Американского секторов (что характерно для зимних месяцев).

В сентябре Арктический антициклон был чаще смещен в сторону Атлантического и Американского сектора, а в октябре – в сторону Американского, Дальневосточного и Атлантического. Как видим, в эти месяцы закономерности, характерные для лета, трансформируются в закономерности, которые свойственны для зимы.

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

Поскольку на изменения ледовитости в те или иные осенние месяцы наиболее существенно влияют опережающие их по времени смещения Арктического антициклона в сторону Атлантического, Американского и Дальневосточного секторов, в таблице 6 приведены значения СПД в июне – ноябре ЭЦМ, которые в этих секторах являются блокирующими.

Таблица 6. Средняя за 1998-2015 гг. суммарная продолжительность действия ЭЦМ, которые являются блокирующими в Атлантическом, Американском и Дальневосточном секторе Северного полушария

Блокирующие ЭЦМ для Атлантического сектора						
месяц	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
з	2	2,28	2	0,56	0,11	0,22
9а	4,83	4,28	3,22	1,39	0,61	0,39
8а	0,33	0,83	0,50	0,83	1,28	1,11
8гз	0	0	0,22	0,17	1,72	1,94
8бл	0,89	0,67	0,44	0,11	0,22	0
8гл	0	0,56	0,61	0,11	0	0
12бз	0	0	0	0,39	2,11	2,72
12а	3,39	2,5	4,83	6,11	6,56	4,11
12бл	1,72	1,17	3	1,5	0,39	0
Блокирующие ЭЦМ для Американского сектора						
месяц	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
7аз	0	0	0	0,17	0,61	1
7ал	0,83	0,28	0,33	0,5	0	0
7бз	0	0	0	0,28	0,5	0,17
7бл	0	0	0,28	0,11	0	0
8а	0,33	0,83	0,5	0,83	1,28	1,11
10а	0	0,17	0	0,94	0,56	0,61
10б	1,61	1,83	1,5	0,39	0,22	0
11а	0	0	0	0,5	0,61	1,39
11б	0	0	0	0,11	0,67	0,22
11в	0	0	0	0	0,22	0,83
11г	0	0	0	0,11	0,83	0,67
12а	3,39	2,5	4,83	6,11	6,56	4,11
12бз	0	0	0	0,39	2,11	2,72
12вз	0	0	0	0,17	1,06	0,78
12вл	0,5	0,72	1	0,72	0,06	0
12г	0	0	0,06	0,5	1,44	1,28

Блокирующие ЭЦМ для Дальневосточного сектора						
месяц	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
5а	0	0	0	0,11	0	0,39
5б	0	0	0	0	0	0,5
5в	0	0	0	0	0,11	0,06
5г	0	0	0	0	0,28	0,28
8бз	0	0	0	0,06	0,39	0,83
11а	0	0	0	0,5	0,61	1,39
11б	0	0	0	0,11	0,67	0,22
11в	0	0	0	0	0,22	0,83
11г	0	0	0	0,11	0,83	0,67
12а	3,39	2,5	4,833333	6,11	6,56	4,11
12бз	0	0	0	0,39	2,11	2,72
12вз	0	0	0,166667	1,06	0,78	1,17
12вл	0,72	1	0,722222	0,06	0	0,11
12г	0	0	0,055556	0,5	1,44	1,28

Из таблицы 6 видно, что в четвертом периоде третьей циркуляционной эпохи в Атлантическом секторе блокирующие процессы в июне – ноябре в основном были обусловлены действием ЭЦМ 12а, 9а, 12бл и 3. В Дальневосточном секторе такими ЭЦМ являлись 12а, 12бз, 12вз и 12 г. В Американском секторе к ним относились ЭЦМ 8а, 10б, 12бз и 12г.

Тенденции изменений СПД перечисленных ЭЦМ, в рассматриваемые месяцы, которые проявились в третьем и четвертом периодах третьей циркуляционной эпохи, были различными.

В таблице 7, как пример, приведены рассчитанные для ее четвертого периода значения такой характеристики этих изменений, как угловой коэффициент линейного тренда, которые соответствуют всем выявленным ЭЦМ и всем рассматриваемым месяцам.

Таблица 7. Оцененные за период 1998-2015гг. значения угловых коэффициентов линейных трендов СПД ЭЦМ, которые являлись наиболее существенными в летне-осенние месяцы

ЭЦМ	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
3	0,045408	0,067079	0,082559	-0,05779	-0,01858	-0,05779
9а	0,250774	0,102167	0,169247	-0,10836	0,029928	-0,05263
12а	0,05676	0,168215	0,30031	0,449948	0,330237	0,099071
12бл	0,079463	0,124871	0,03096	0,007224	0,009288	0
12бз	0	0	0	0,023736	0,01032	-0,06708
12вз	0	0	0	0,01548	-0,03818	-0,10526
12г	0	0	0,011352	0,00516	0,047472	0,118679
8а	0,006192	0,054696	0,029928	-0,0031	0,031992	-0,04128
10б	0,081527	-0,06708	0,013416	-0,03199	-0,02477	0

КЛИМАТ И ПРИРОДА, 3(20), 2016

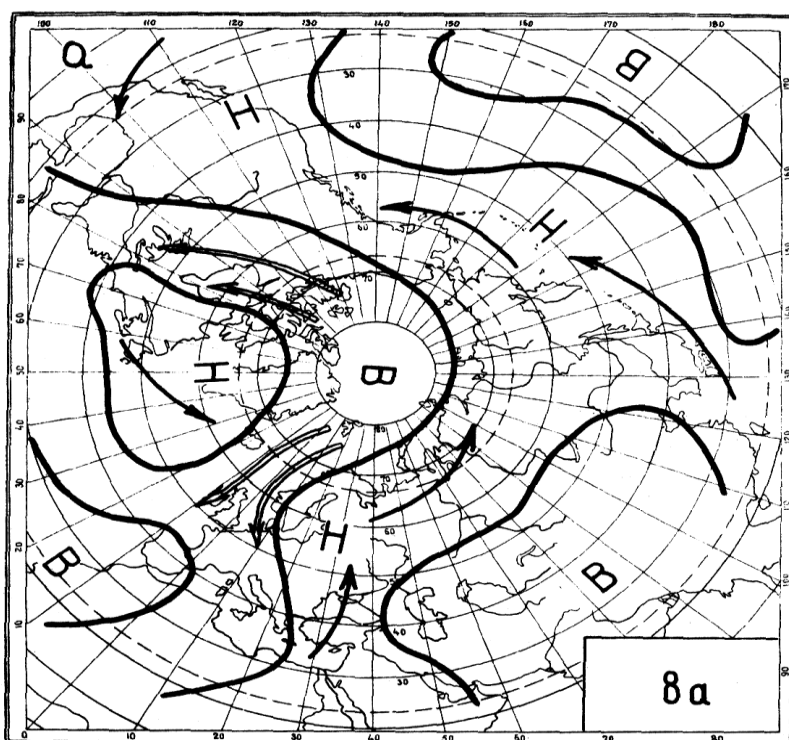
Из таблицы 7 видно, что единственным ЭЦМ, вариациям СПД которого в любые рассматриваемые месяцы, в 1998-2015 гг. свойственна тенденция к возрастанию, является 12а. Аналогичная особенность свойственна также изменениям СПД 12бл в те же месяцы, кроме ноября. Это позволяет предполагать, что в ближайшем будущем влияние на смещения Арктического антициклона указанных ЭЦМ может усиливаться, что будет все более ощутимо воздействовать и на ледовитость соответствующих районов Арктики в осенние месяцы.

Из той же таблицы следует, что для ЭЦМ 9а и 8а тенденция к увеличению СПД в рассматриваемые годы проявилась лишь в летние месяцы, а также в октябре. В сентябре и ноябре тенденции межгодовых изменений СПД данных ЭЦМ были противоположными, а их влияние на ледовитость арктических регионов ослабевало.

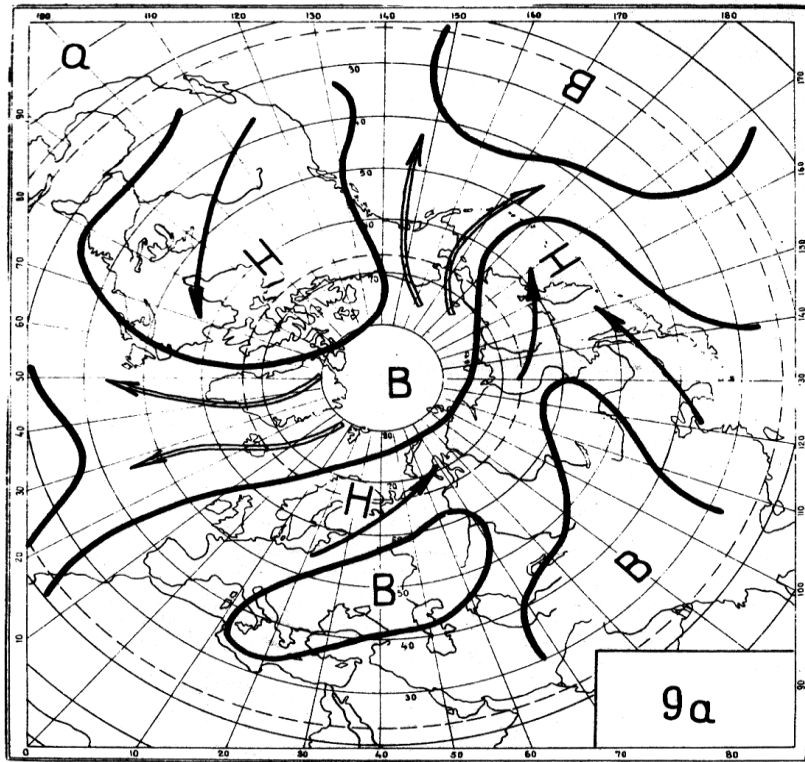
Значения СПД ЭЦМ 3 в период 1998-2015 гг. в июне – августе также возрастали, но в сентябре – ноябре снижались. Возрастающий тренд был свойственен межгодовым изменениям СПД ЭЦМ 10б лишь для июня и августа. Такие же тенденции были присущи вариациям СПД ЭЦМ 12бз только в сентябре и октябре, для ЭЦМ 12вз – в единственном месяце – сентябре.

Из этого следует, что влияние ЭЦМ 3, 10б, 12бз и 12вз на изменения ледовитости Арктики для осенних месяцев, в 1998-2015 гг. становилось все менее существенным. При этом значимость влияния ЭЦМ 12а, 12бл, 9а и 8а возрастала. Если такие же закономерности сохранятся и в ближайшем будущем, представляется вероятным, что значимость влияния на ледовитость Арктики ЭЦМ 12а, 12бл, 9а и 8а будет еще более усиливаться. Вследствие чего сопоставление их динамических схем [7] представляет немалый интерес.

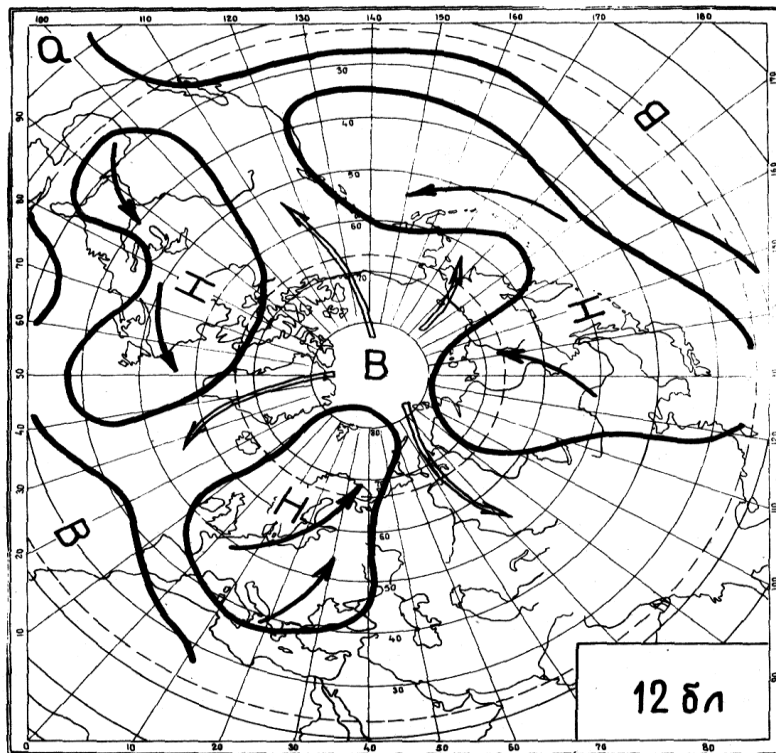
На рисунке 3 приведены, отображенные в соответствии с [7], динамические схемы ЭЦМ 12а, 12бл, 9а и 8а.



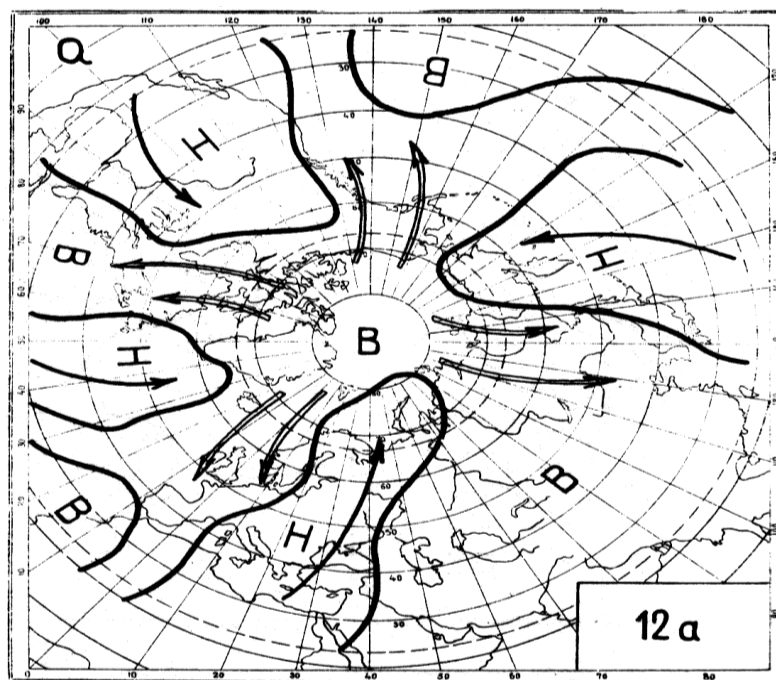
А)



Б)



В)



Г)

Рис. 3. Динамические схемы ЭЦМ

А) 8а, Б) 9а, В) 12бл, Г) 12а.

Из рисунка 3 следует, что в периоды действия ЭЦМ 8а, 9а, 12бл, 12а некоторые пути вхождений в Арктику южных циклонов практически совпадают. Приводят эти пути именно в те сектора Арктики, где располагается наибольшее число районов, изменения ледовитости которых значимо и отрицательно коррелированы с опережающими их по времени вариациями СПД ЭЦМ, блокирующих для других (указанных в таблицах 2-4) секторов Северного полушария.

Из того же рисунка видно, что совпадают также некоторые из показанных на нем направлений развития арктических вторжений, которые соответствуют всем перечисленным ЭЦМ. Именно на этих путях, как следует из таблиц 2-4, расположено больше всего районов Арктики, где изменения ледовитости значимо и положительно коррелированы с опережающими их по времени вариациями СПД ЭЦМ, блокирующих для тех же (указанных в упомянутых таблицах) секторов. Аналогичные особенности выявлены и для прочих ЭЦМ, которые являются блокирующими в тех же секторах.

Как видим, выявленные закономерности подтверждают справедливость выводов Б. Л. Дзердзеевского и ученых его школы [7-13, 17,18, 20, 25], согласно которым значимым фактором межгодовых изменений ледовитости различных секторов Арктики являются опережающие их по времени смещения Арктического антициклона, а также вхождения южных циклонов.

Полученные результаты соответствуют современным представлениям об особенностях влияния вариаций структуры атмосферной циркуляции над Арктическим и Субарктическим климатическим поясом на изменения ледовитости акваторий Арктики.

Выводы

Таким образом, установлено, что:

1. Выявленные закономерности свидетельствуют об адекватности представлений

Б. Л. Дзердзеевского и ученых его школы об особенностях влияния расположения Арктического антициклона, а также вхождений южных циклонов на изменения ледовитости различных секторов Арктики.

2. В осенние месяцы происходит трансформация связей между рассматриваемыми процессами, которые характерны для летних месяцев, в связи между ними, свойственные для зимних месяцев. При этом, в отличие от месяцев, как летних, так и зимних, в осенние месяцы, наряду с районами, где корреляция между рассматриваемыми процессами является значимой и отрицательной, существуют также многочисленные районы, в которых она положительна. Расположены такие районы в основном в секторах, для которых рассматриваемые ЭЦМ являются блокирующими.

3. Сектором Северного полушария, где в сентябре, как и в летние месяцы, межгодовые изменения СПД блокирующих ЭЦМ наиболее существенно влияют на запаздывающие по отношению к ним на 1-2 месяца вариации ледовитости акваторий Арктики, является Атлантический. Кроме того, для изменений ее ледовитости в сентябре таким сектором Северного полушария является Американский.

На изменения ледовитости многих районов Арктики в октябре наиболее значимо влияют опережающие их на 1-2 месяца вариации СПД ЭЦМ, которые являются блокирующими в Американском, Дальневосточном и Атлантическом секторе Северного полушария.

Для изменений ледовитости акваторий Арктики в ноябре наиболее существенны вариации суммарной продолжительности смещений Арктического антициклона в Дальневосточный и Американский сектор.

4. Выявленные районы в соответствующих секторах Арктики располагаются в основном зонально и включают многие участки трассы Северного морского пути, если Арктический антициклон смещен в сторону Дальневосточного или Американского секторов Северного полушария. Последнее позволяет допускать возможность использования полученных результатов при долгосрочном прогнозировании ледовитости и проходимости таких его участков.

Библиографический список:

1. Абузяров З.К., Шамраев Ю.И. Морские гидрологические информации и прогнозы.– Л.: Гидрометеиздат, 1974. –219 с.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: Юнити, 1998. – 1022 с.
3. Алексеев Г. В. Исследования изменений климата Арктики в XX столетии / Г. В. Алексеев // Труды ААНИИ. – 2003. – Т. 446. – С. 6-21.
4. Белинский Н.А. Использование некоторых особенностей атмосферных процессов для долгосрочных прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 203 с.
5. Берг Л.С. Уровень Каспийского моря и условия плавания в Арктике // Климат и жизнь. – М: ОГИЗ, 1947. – С. 90-95.
6. Визе В. Ю. Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей // Труды ААНИИ. – 1944. – Т.190. – 273с.
7. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. – М: изд. ИГ АН СССР и Междувед. Геофиз. Комитета при Президиуме АН СССР, 1968. – 240 с.
8. Дзердзеевский Б.Л. Сравнение главнейших закономерностей циркуляции атмосферы над Южным и Северным полушариями // Информ. бюл. Советской антарктической экспедиции. – 1967. – № 65. – С.58-68.
9. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные схемы в тропосфере Центральной Арктики. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 40 с.
10. Дзердзеевский Б.Л. Флуктуации климата и проблема сверхдолгосрочного прогноза // Известия АН СССР, сер. геогр. – 1968. – № 5. – С. 43-55.
11. Дзердзеевский Б.Л. Сопоставление характеристик атмосферной циркуляции над северным полушарием и его секторами // Материалы метеорологических исследований. – М., 1970. – С. 7-14.
12. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. н.-и. учреждений Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. – М., Л.: Гидрометиздат, 1946. – 80 с.

13. Дзердзеевский Б.Л., Монин А.С. Типовые схемы общей циркуляции атмосферы и индекс циркуляции // Изв. АН СССР, серия геофиз. – 1954. – № 6. – С. 562-574.
14. Думанская И.О., Федоренко А.В. Анализ связи ледовых характеристик морей европейской части России с макроциркуляционными атмосферными процессами // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 12. – С. 82–94.
15. Зубов Н. Н. Морские воды и льды. – М.: Гидрометиздат, 1938. – 454 с.
16. Кан С.И. Современное состояние методов ледовых прогнозов на морях СССР // Океанология. – 1967. – Т.7. – Вып. 5. – С. 786-792.
17. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзердзеевскому. – М.: ИГ РАН. Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
18. Кононова Н.К. Особенности циркуляции атмосферы Северного полушария в конце XX – начале XXI века и их отражение в климате // Сложные системы. – 2014. – № 2 (11). – С. 11–36.
19. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, часть. III. Служба морских гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 143 с.
20. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов северного полушария в XX столетии // Междувед. Геофиз. комитет при Президиуме АН СССР. Материалы метеорологических исследований № 9. М., 1984. – 146 с.
21. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128с.
22. Фролов И. Е. Климатические изменения ледовых условий в арктических морях Евразийского шельфа / И. Е. Фролов, З. М. Гудкович, В. П. Карклин, Е. Г. Ковалев, В. М. Смоляницкий // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2007. – вып. 75. – С. 149-160.
23. Шулейкин В.В. Физика моря. – М.: Наука, 1968. – 1083 с.
24. Enfield D.B., Mestas A.M., Ttimble P.J. The Atlantic multidecadal oscillation and it's relation to rainfall and river flows in the continental U.S. // Geophysical Research Letters. – 2001. – vol. 28. – pp. 2077-2080.
25. Zakharov V. G., Kononova N. K. Relationship of dynamics of fields of ice drift in the arctic basin and atmospheric circulation northern hemisphere (summer season) // The complex systems. – 2015. – no. 1(2). – pp. 45-57.
26. Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assessment Report Four of the Intergovernmental Planes of Climate Change (IPCC). – UK Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 973 p.
27. База данных о ледовитости различных районов Мирового океана [Электронный ресурс] / URL: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html/>
28. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века [Электронный ресурс] / URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>

THE CHANGING OF ICE COVER AT WINTER AND VARIATIONS OF ATMOSPHERIC PRESSURE FIELD IN ARCTIC

Kholoptsev O.V.

Dr. Sci. (Geography), professor, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Kononova N. K.

Cand. Sci. (Geography), Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The areas of different sectors of the Arctic, where the changing of its ice cover at winter months, and interannual variations of total duration periods elementary circulation mechanisms, that are blocking in other sectors of the Northern Hemisphere, are interconnected significantly and statistically sustained, is identified.

Key words: Arctic, ice cover, teleconnections, Arctic blocking, elementary circulation mechanisms, repeatability, synoptic situation, Arctic anticyclone.

References:

1. Abuzjarov Z.K., Shamraev Ju.I. Morskie gidrologicheskie informacii i prognozy. L.: Gidrometeoizdat, 1974, 219 p.

2. Ajvazjan S.A., Mhitarjan V. S. *Prikladnaja statistika i osnovy jekonometriki*. M.: Juniti, 1998, 1022 p.
3. Alekseev G. V. Issledovanija izmenenij klimata Arktiki v XX stoletii. *Trudy AANII*, 2003, vol. 446, pp. 6-21.
4. Belinskij N.A. Ispol'zovanie nekotoryh osobennostej atmosferynyh protcessov dlja dolgosrochnykh prognozov. L.: Gidrometeoizdat, 1957, 203 p.
5. Berg L. S. The level of the Caspian Sea and sailing conditions in the Arctic. *Climate and life*. M: OGIZ, 1947, p. 90-95.
6. Vize V. Ju. Osnovy dolgosrochnykh ledovykh prognozov dlja arkticheskikh morej. *Trudy AANII*, 1944, vol. 190, 273 p.
7. Dzerdzeevskij, B. L. Tipizacija cirkuljacionnykh mehanizmov v severnom polusharii i harakteristika sinopticheskikh sezonov. *Tr. N.-i. uchrezhdenij Gl. upr. Gidrometeorol. Sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser.2 Sinopticheskaja meteorologija*, 1946, vol. 21, P. 80.
8. Dzerdzeevskij B. L. Cirkuljacionnye mehanizmy v atmosfere Severnogo polusharija v XX stoletii. *Materialy meteorologicheskikh issledovanij*, M.,1968, 240 p.
9. Dzerdzeevskij B. L. Sravnenie glavneishih zakonornostei cirkuljatsii atmosfery nad lujnim i Severnym polusharijami. *Inform. biul. Sovetskoj antarcticheskoy ekspeditsii*, 1967, no. 65, pp. 58-68.
10. Dzerdzeevskij B. L. Cirkuljacionnye shemy v troposphere Ctntralnoy Arktiki. M.-L.: Izdatelstvo AN SSSR, 1945, 40 p.
11. Dzerdzeevskij B. L. Fluktuatsii klimata I problema sverhdolgosrochnogo prognoza. *Izvestiya AN SSSR, ser. Geogr.*, 1968, no. 5, pp. 43-55.
12. Dzerdzeevskij B. L. Sopostavlenie harakteristik atmocfernoy cirkuljatsii nad severnym polushariem I ego sektoramy. *Materialy meteorologicheskikh issledovanij*. M.,1970, pp. 7-14.
13. Dzerdzeevskij B. L., Monin A. C. Tipovye chemy obchej cirkuljatsii atmosfery I indeks cirkuljatsii. *Izv. AN SSSR, seria geofiz.*, 1954, no. 6, pp. 562-574.
14. Dumanskaja I.O., Fedorenko A.V. Analiz svjazi ledovykh harakteristik morej evropejskoj chasti Rossii s makrocirkuljacionnymi atmosferynymi processami. *Meteorologija i gidrologija*, 2008, no. 12, pp. 82–94.
15. Zubov N. N. *Morskie vody i l'dy*. M.: Gidrometizdat, 1938, 454 p.
16. Kan S.I. Sovremennoe sostojanie metodov ledovykh prognozov na morjah SSSR. *Okeanologija*, 1967, vol. 7, no. 5, pp. 786-792.
17. Kononova N. K. Klassifikacija cirkuljacionnykh mehanizmov Severnogo polusharija po B. L. Dzerdzeevskomu. M.: IG RAN, 2009, 370 p.
18. Kononova N. K. Osobennosti cirkuljatsii atmosfery Severnogo polusharija v konce XX – nachale XXI veka i ih otrazhenie v klimate. *Slozhnye sistemy [The complex systems]*, 2014, no. 2 (11), pp. 11–36.
19. Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razdel 3, chast'. III. Sluzhba morskikh gidrologicheskikh prognozov. L.: Gidrometeoizdat, 1982, 143 p.
20. Savina S. S. Hmelevskaya L. V. Dynamika atmosferynykh protcessov severnogo polushariya v XX stoletii. *Mejduved. Geofiz. Komitet pri Prezidiume AN SSSR. Materialy meteorologicheskikh issledovanij*, 1984, no. 9, 146 p.
21. Skvorcov A. V. Trianguljacija Delone i ee primenenie. Tomsk: Izd-vo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2002, 128 p.
22. Frolov I. E. Klimaticheskie izmenenija ledovykh uslovij v arkticheskikh morjah Evrazijskogo shel'fa. *Problemy Arktiki i Antarktiki*, 2007, no. 75, pp.149-160.
23. Shulejkin V.V. *Fizika morja*. M.: Nauka, 1968, 1083 p.
24. Enfield D.B., Mestas A.M. Ttimble P.J. The Atlantic multidecadal oscilation and it`s relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophysical Research Letters*, 2001, vol. 28, pp. 2077-2080.
25. Zakharov V. G., Kononova N. K. Relationship of dynamics of filds of ice drift in the arctic basin and atmospheric circulation northern hemisphere (summer season). *The complex systems*, 2015, no. 1 (2), p.45-57.
26. *Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assessment Report Four of the Intergovernmental Planes of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press. Cambridge. UK, 2007, 973p.
27. Baza dannykh o ledovitosti razlichnykh rajonov Mirovogo okeana. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.html/>
28. Kolebanija cirkuljatsii atmosfery Severnogo polusharija v HH – nachale XXI veka. URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru>