



УДК 551.589

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЦЕНТРОВ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

С. В. Морозова

Саратовский государственный университет
E-mail: swetwl@yandex.ru

На основании нового подхода к изучению циркуляционных объектов на Северном полушарии физико-статистическим способом рассмотрены изменения динамики циркуляционного режима на полушарии в различные периоды состояния земной климатической системы.

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, земная климатическая система, центры действия атмосферы.

A Comprehensive Analysis of the Centres of the Atmosphere Action of the Northern Hemisphere

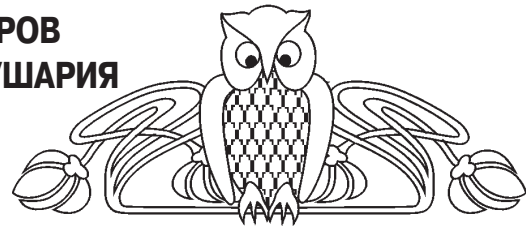
S. W. Morozova

On the basis of a new approach to the study of the circulation of objects in the hemisphere physical-statistical method considered changing dynamics of the main circulation system of the Northern Hemisphere. Based on this approach, the peculiarities of the circulation regime change in the hemisphere at different periods of the Earth's climate system.

Key words: circulation of the atmosphere, the Earth's climate system, centres of the atmosphere action.

В структуре циркуляции атмосферы над Северным полушарием имеют место две хорошо выраженные в течение всего года циркуляционные системы – Северо-Атлантическая, представленная Исландским минимумом и Азорским максимумом давления, и Северо-Тихоокеанская, включающая в себя Алеутский циклон и Гавайский (Гонолульский) антициклон. В отдельности динамика этих циркуляционных систем хорошо изучена, оценено влияние каждой из них на климат [1–3]. Однако эти циркуляционные системы существуют не изолированно друг от друга, а внутри единого, взаимосвязанного и взаимообусловленного механизма общей циркуляции атмосферы (ОЦА), поэтому в настоящей работе поставлена задача провести комплексное исследование циркуляционных систем Северного полушария, включая зимний Азиатский и Арктический антициклоны.

Для решения этой задачи для каждого из шести вышеназванных центров действия атмосферы определялись три характеристики: широта, долгота и давление в центре по последней замкнутой изобаре) на временном промежутке с 1931 по 1989 г. На основании указанных данных исследовалась их динамика. Относительно широтно-долготного смещения указанных ЦДА следует отметить, что все шесть центров действия – Исландский и Алеутский минимумы, Азорский и Гавайский максимумы, а также зимний Азиатский и Арктический антициклоны



– не имеют большого смещения по меридиану, в то время как вдоль круга широты каждый центр действия мигрирует довольно сильно. В качестве примера приведём диаграммы изменения долготы североатлантических (рис. 1) и северотихоокеанских центров действия (рис. 2).

В большинстве месяцев года центры Исландского минимума и Азорского максимума (см. рис. 1) находятся примерно на одном меридиане, причём центр антициклона от месяца к месяцу практически не смещается, в то время как циклонический центр довольно сильно изменяет своё положение в течение года, особенно летом, продвигаясь к западу на 30–40°.

На основании диаграммы, представленной на рис. 2, можно заключить, что центр Гавайского антициклона в течение всего года расположен восточнее центра Алеутского циклона, наибольшее расхождение между этими центрами наблюдается зимой (порядка 50°). В конце весны, летом и в начале осени происходит их сближение, причём наиболее сильно изменяет своё положение центр Гавайского антициклона. Наименьшее расстояние между этими ЦДА отмечается в апреле и октябре (5° и 10° соответственно).

Изменение долготы центра Арктического антициклона также довольно существенно и составляет в отдельные месяцы 60–70°, однако каких либо определённых закономерностей его годового смещения вдоль круга широты не выявлено.

Подробнее рассмотрим изменения интенсивности центров действия атмосферы Северного полушария. Обычно интенсивность циркуляционных систем (Северо-Атлантической, Северо-Тихоокеанской), а также других объектов циркуляции характеризуется различными индексами NAO (Северо-Атлантическое колебание), SOI (Южное колебание), SCA (Скандинавское колебание), PO (Полярное колебание) и т. п., причём эти индексы рассматриваются изолированно друг от друга. В настоящем исследовании предлагается новый способ изучения интенсивности циркуляционных систем и объектов циркуляции Северного полушария, заключающийся в одномоментном рассмотрении временной динамики нескольких ЦДА. Для этого на временной график нанесены годовой ход разницы давления в Северо-Атлантических центрах действия (индекс NAO) и Северо-Тихоокеанских (индекс NPO), что представлено на рис. 3. Отметим, что годовой ход этих индексов

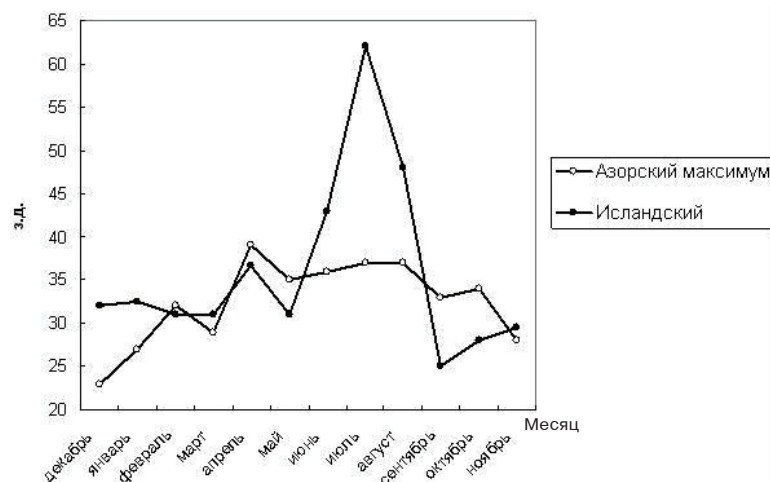


Рис. 1. Сезонные изменения долготы центров Исландского минимума и Азорского максимума

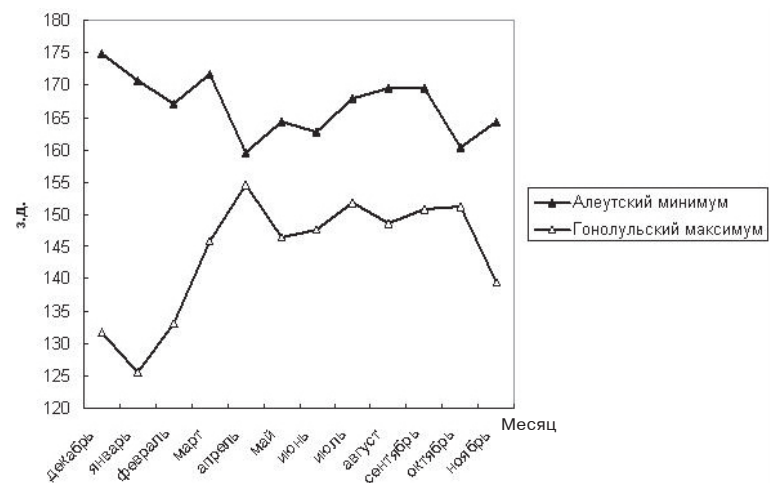


Рис. 2. Сезонные изменения долготы центров Алеутского минимума и Гонолульского максимума

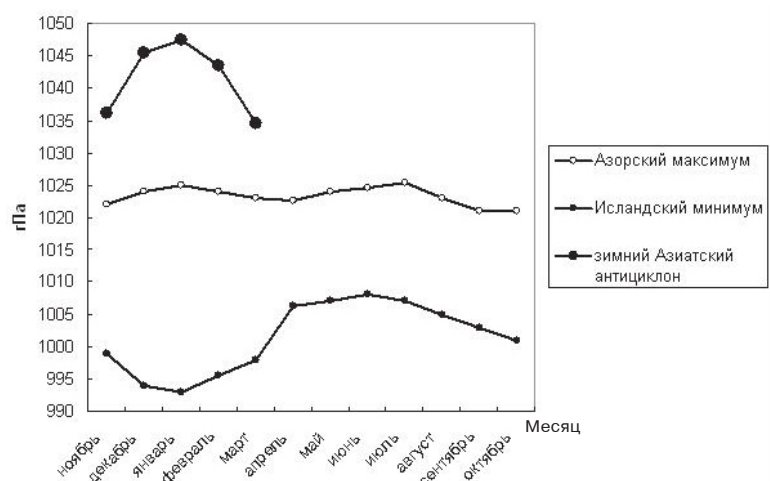


Рис. 3. График сопряженности колебаний Северо-Атлантических и Северо-Тихоокеанских центров действия атмосферы



аналогичен, причём интенсивность циркуляционной системы Северной Атлантики в течение всего года (за исключением апреля) выше, чем севера Тихого океана. В течение года наибольшей активности обе циркуляционные системы достигают зимой и в начале весны, летом их активность минимальна, а осенью начинает возрастать. Вычислим разницу между индексами колебаний данных циркуляционных систем и назовём ее индексом сопряженности колебаний североатлантических и северотихоокеанских центров действия. Отметим, что этот индекс обращается в нуль в мае и ноябре, во все остальные месяцы он остаётся стабильным, однако в течение осени плавно уменьшается. На основании исследования индекса сопряженности колебаний можно отметить, что

состояние северотихоокеанской циркуляционной системы более стабильно, чем североатлантической, причём активность ЦДА над севером Тихого океана по интенсивности приближается к атлантической осенью, а в апреле оказывается даже несколько выше, что, по-видимому, косвенно отражает смену зимнего муссона на летний. На основании рис. 3 также можно предположить, что смена муссонной циркуляции с зимней на летнюю происходит более резко, чем с летней на зимнюю.

Отметим, что наибольший вклад в величину индекса сопряженности колебаний вносят именно циклонические центры действия, потому что давление в антициклонических образованиях имеет практически одинаковую величину в течение года (табл. 1) (разница 2–4 гПа), в то время

Таблица 1

Значения давления в центрах некоторых ЦДА

Месяц	Давление, гПа			
	Исландский минимум	Азорский максимум	Алеутский минимум	Гавайский максимум
Январь	993	1025	993,8	1022,4
Февраль	995,5	1024	996,8	1021,4
Март	998	1023	999,5	1022
Апрель	1006,3	1022,5	1006	1024,9
Май	1007	1024	1007,3	1023,9
Июнь	1008	1024,5	1009,1	1023,4
Июль	1007	1025,3	1009,7	1024,9
Август	1005	1023	1008,3	1024,3
Сентябрь	1003	1021	1006,3	1021,6
Октябрь	1001	1021	1002,3	1020,5
Ноябрь	999	1022	998,3	1020,9
Декабрь	994	1024	996,7	1023
Среднегодовое	1001,4	1023,2	1002,8	1022,7

как изменение давления в циклонических ЦДА североатлантического и северотихоокеанского регионов довольно существенно (до 10 гПа).

Однако, помимо этих наиболее крупномасштабных циркуляционных систем, в атмосфере Северного полушария присутствует ещё два не менее значимых объекта циркуляции – Арктический и зимний Азиатский антициклоны. Отметим, что изучению этих центров действия в отдельности также посвящена обширная литература.

Как уже указывалось, все барические образования связаны между собой, а сезонные их изменения взаимообусловлены в годовом ходе, поэтому целесообразно комплексно рассмотреть режим центров действия атмосферы, существующих в Северном полушарии.

Вначале рассмотрим синхронную динамику центров действия атмосферы Северной Атлантики, зимнего Азиатского и Арктического антициклонов, после этого – синхронную динамику центров действия атмосферы северной части Тихого океана, зимнего Азиатского и Арктическо-

го антициклонов. Относительно комплексного изучения миграций этих ЦДА выводы получились малозначимые, поэтому в настоящей статье не приводятся, однако относительно изменения интенсивности получены довольно интересные результаты.

Среднемесячное изменение давления в центрах трех барических образований: Азорского максимума, Исландского минимума и зимнего Азиатского антициклона – представлено на рис. 4. Следует отметить асинхронность колебания давления в циклоническом центре и двух антициклонических центрах действия атмосферы в холодное время года. В январе наблюдается усиление активности рассматриваемых центров: давление в центре Исландского циклона минимальное, а в Азорском и зимнем Азиатском антициклонах – максимальное. С апреля по октябрь наблюдаем согласованный ход изменения давления в центрах Исландского минимума и Азорского максимума. С момента начала формирования зимнего Азиатского антициклона резко



проявляется рассогласованность хода давления в этих ЦДА. По мере исчезновения Азиатского антициклона колебания Исландского минимума и Азорского максимума снова происходят согласованно. Возможно, зимний Азиатский антициклон вносит дисбаланс в синхронность колебаний давления в центрах действия атмосферы над Северной Атлантикой и влияет на величину индекса NAO.

Среднемесячное изменение давления в трех центрах действия атмосферы: Азорском максимуме, Исландском минимуме и в Арктическом антициклоне – наглядно показывает рис. 5. Колебание давления в центре Арктического антициклона находится в противофазе с колебанием давления в центрах Азорского максимума и Исландского минимума. Особенно четко наблюдается противофаза колебаний давления между Арктическим максимумом и Исландским циклоном.

График, отражающий среднемесячное изменение давления в течение года в трех центрах действия: северотихоокеанских ЦДА и зимнем Азиатском антициклоне, представлен на рис. 6. Следует отметить, что в зимний период рассогласованность хода давления в циркуляционной системе северной части Тихого океана выражена слабее, по сравнению с североатлантическими центрами действия. Таким образом, можно заключить, что зимний Азиатский антициклон больше влияет на североатлантическую циркуляционную систему, чем на северотихоокеанскую, но, тем не менее, влияние Сибирского максимума давления на индекс NPO тоже весьма ощутимо.

Были исследованы также сезонные изменения давления в центрах Гавайского максимума, Алеутского минимума и Арктического антициклона. Можно отметить, что колебание давления в центре Арктического антициклона также находится в противофазе с колебанием давления северотихоокеанской циркуляционной системы и североатлантической.

Таким образом, обнаружено влияние зимнего Азиатского антициклона на изменение давления в центрах действия атмосферы Северной Атлантики, что проявляется в противоположности фаз хода давления в зимний период. Подобное влияние зимнего Азиатского антициклона на северотихоокеанскую циркуляционную систему несколько слабее.

За последние 150 лет земная климатическая система претерпела некоторые изменения, которые наиболее ярко выражаются в проявлениях глобальной температуры [4,5]. В целом за указанный период исходя из анализа хода глобальной температуры воздуха земная климатическая система находится в стадии потепления. Но внутри этого промежутка выделяют три естественных климатических периода: первая волна глобального потепления, период стабилизации и вторая волна глобального потепления. Первая

волна началась в конце XIX века и закончилась в 40-х годах XX века. После нее наступил небольшой период стабилизации, длившийся два десятилетия: 50–60-е годы XX века. С середины 70-х годов началось новое потепление, названное второй волной и продолжающееся с некоторым замедлением по настоящее время [4, 5]. Глобальная средняя приземная температура воздуха за период с конца XIX века возросла на 0,6–0,2°C, а с учетом данных [5] рост температуры составил 0,74°C.

За климатические периоды осреднения поля приземного давления в настоящем исследовании взяты следующие интервалы: 1931–1960 гг. и 1970–1989 гг. Первый период осреднения приземного поля давления приблизительно совпадает с периодом стабилизации, второй – с началом второй волны глобального потепления. В эти два периода проведено сравнение основных характеристик центров действия – изменения положения и интенсивности.

В широтно-долготных смещениях (миграциях) ЦДА выявлены следующие особенности (табл. 2, 3): в обозначенные климатические периоды состояния Земной климатической системы широта всех исследуемых центров изменилась незначительно – не более чем на два-три градуса. Однако смещение центров вдоль круга широты изучаемых ЦДА на двух исследуемых временных промежутках довольно заметно, особенно у Исландского и Алеутского минимумов. Исландский циклон в более поздний исследуемый период сместился на 6° к западу, а Алеутский – на 14° к востоку. Такое расхождение циклонических центров предполагает расширение зоны влияния Сибирского антициклона, особенно в восточном направлении.

Значения давления в центрах исследуемых ЦДА в два климатических периода приведены в табл. 4. На основании анализа табл. 4 выявлено, что в два климатических периода наибольшая стабильность характерна для субтропических антициклонов – Азорского и Гавайского максимумов, давление в их центрах практически не изменилось. От одного периода к другому произошло углубление циклонических центров: так давление в центрах Исландского и Алеутского минимумов во второй исследуемый период, по сравнению с первым, уменьшилось на 2,9 гПа и 2,7 гПа соответственно. Активность Арктического антициклона во второй исследуемый период также возросла, давление в его центре увеличилось на 1,9 гПа, но особенно усилился зимний Азиатский антициклон, давление в центре которого оказалось выше в последний исследуемый период, по сравнению с первым, на 9,7 гПа. Отметим, что изменение давления в центрах рассмотренных ЦДА от одного климатического периода к другому хорошо выражено во все сезоны года, за исключением летнего, во время которого эти изменения слабее.

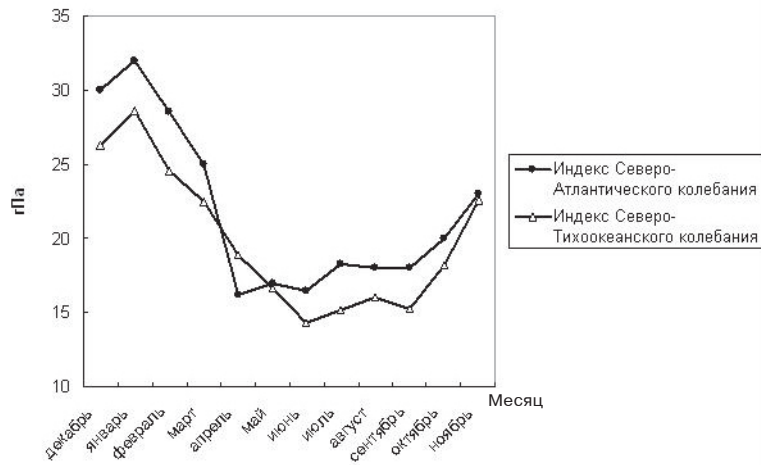


Рис. 4. Сезонные изменения давления в центрах Азорского максимума, Исландского минимума и зимнего Азиатского антициклона

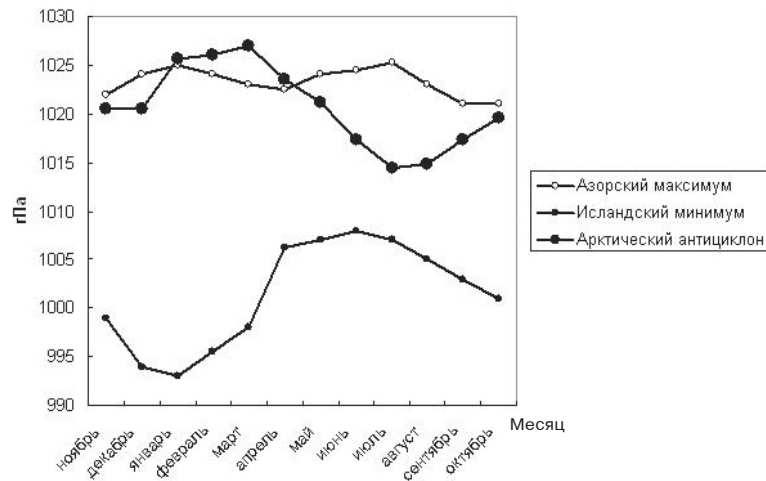


Рис. 5. Сезонные изменения давления в центрах Азорского максимума, Исландского минимума и Арктического антициклона

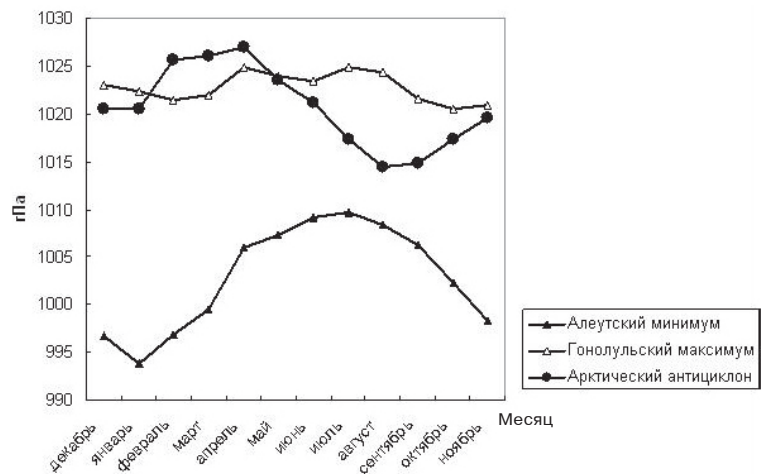


Рис. 6. Сезонные изменения давления в центрах Гонолульского антициклона, Алеутского минимума и Азиатского антициклона



Таблица 2

**Среднеголетние значения широты центров действия атмосферы Северного полушария
за различные периоды**

Месяц	Исландский минимум		Азорский максимум		Алеутский минимум		Гонолульский максимум		Арктический антициклон		Зимний Азиатский антициклон	
	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989
Январь	60	61,3	35	35	50	49,7	30	36	75	76	48	50
Февраль	60	60	35	33	50	51,3	34	32,7	76	72,33	50	48
Март	58	61	26	33	50	50,7	32	31,3	88	76,75	50	50
Апрель	60	62	30	35	55	57,1	34	35,4	85	80,7	–	–
Май	60	58	30	34	55	55,8	34	33,6	80	80,6	–	–
Июнь	62	63	32	34	58	56,8	33	35,4	75	75,5	–	–
Июль	65	63	35	35	57	59,3	38	37,6	81	76,8	–	–
Август	63	64	34	34	60	57,8	38	39,1	80	75,7	–	–
Сентябрь	62	64	34	36	58	56,1	36	37	85	77,2	–	–
Октябрь	60	62	32	35	58	58,2	32	35,4	85	77	–	–
Ноябрь	–	62	–	35	–	53,4	–	35,6	–	80,5	–	49,5
Декабрь	61	65	33	34	52	53,2	30	35,8	78	77,69	49	50
Среднеголетнее	61	62,1	32,4	34,4	54,8	54,9	33,7	35,4	80,7	77,2	49,6	49,5

Таблица 3

**Среднеголетние значения долготы центров действия атмосферы Северного полушария
за различные периоды**

Месяц	Исландский минимум, з.д.		Азорский максимум, з.д.		Алеутский минимум, з.д.		Гонолульский максимум, з.д.		Арктический антициклон, в.д.		Зимний Азиатский антициклон, в.д.	
	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989
Январь	30	32,5	20	28	179	170,6	137	125,5	180	226,66	100	96,2
Февраль	31	31	21	23	182	167	135	133,2	170	214,44	99	95
Март	32	31	32	27	190	171,7	142	145,9	220	178,43	91	93
Апрель	33	36,7	35	32	180	159,5	145	154,5	210	196,3	–	–
Май	30	31	37	29	175	164,4	146	146,5	215	188,2	–	–
Июнь	32	43	34	39	180	162,8	148	147,7	220	200,4	–	–
Июль	20	62	38	35	185	167,9	148	151,7	170	171	–	–
Август	25	48	35	36	188	169,4	147	148,7	220	163,7	–	–
Сентябрь	30	25	35	37	185	169,5	145	150,7	200	193,4	–	–
Октябрь	35	28	30	37	160	160,3	140	151,1	215	202,7	–	–
Ноябрь	–	29,5	–	33	–	164,4	–	139,5	–	173,8	–	96
Декабрь	30	32	28	34	185	174,8	135	131,7	175	234,23	98	96
Среднеголетнее	29,8	35,8	31,4	32,5	180,9	166,8	142,6	143,8	199,5	195,2	94,8	95,2

Исходя из проведенного анализа, можно заключить, что выявленные изменения положения и интенсивности ЦДА согласуются с выводами [5] по наибольшей климатической изменчивости в умеренных и высоких широтах и при фактическом отсутствии потепления в субтропиках. Отсутствие потепления в восточном секторе Арктики [6] на фоне второй волны глобального потепления может быть следстви-

ем необычайного усиления активности зимнего Азиатского антициклона, распространения его влияния на восточные районы Арктики, тем более что Алеутский минимум в этот период отошёл к востоку. Одновременно происходило ослабление влияния западного отрога Сибирского максимума на Поволжье [7]. Возрастание активности Арктического антициклона одновременно с углублением Исландского минимума



Таблица 4

Среднегодовое значения давления, гПа, в центрах действия атмосферы Северного полушария

Месяц	Исландский минимум		Азорский максимум		Алеутский минимум		Гонолульский максимум		Арктический антициклон		Зимний Азиатский антициклон	
	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989	1931–1960	1970–1989
Январь	996	993	1022	1025	997,5	993,8	1020	1022,4	1022	1025,7	1035	1047,5
Февраль	1000	995,5	1022,5	1024	1000	996,8	1020	1021,4	1024	1026,1	1035	1043,5
Март	1002,5	998	1020	1023	1005	999,5	1022,5	1022	1025	1027	1030	1034,5
Апрель	1007,5	1006,3	1022,5	1022,5	1010	1006	1022,5	1024,9	1022,5	1023,5	–	–
Май	1012,5	1007	1022,5	1024	1007,5	1007,3	1022,5	1023,9	1020	1021,2	–	–
Июнь	1010	1008	1025	1024,5	1011	1009,1	1022,5	1023,4	1017,5	1017,3	–	–
Июль	1010	1007	1025	1025,3	1010	1009,7	1027	1024,9	1012,5	1014,4	–	–
Август	1008	1005	1025	1023	1009	1008,3	1025	1024,3	1012,5	1014,8	–	–
Сентябрь	1005	1003	1022,5	1021	1008	1006,3	1022	1021,6	1015	1017,3	–	–
Октябрь	1001	1001	1020	1021	1002,5	1002,3	1020	1020,5	1015	1019,6	–	–
Ноябрь	–	999	–	1022	–	998,3	–	1020,9	–	1020,5	–	1036
Декабрь	995	994	1025,5	1024	1000	996,7	1020	1023	1020	1020,5	1035,9	1045,5
Среднегодовое	1004,3	1001,4	1023	1023,2	1005,5	1002,8	1022,1	1022,5	1018,7	1020,6	1031,7	1041,4

позволяет говорить об обострении градиентов между этими двумя центрами, а следовательно, об усилении западно-восточного переноса по северу Европы и об увеличении влияния субтропических антициклонов на её южные районы. В связи с возрастанием активности Алеутского минимума и смещения его в восточном направлении в начале второй волны глобального потепления весьма вероятно усиление интенсивности западного переноса и над северо-восточной частью Тихого океана. Таким образом, подтверждается тезис о региональном влиянии Общей циркуляции атмосферы (ее структурных элементов) на климат.

Можно сделать вывод, что в разные естественные климатические периоды состояния земной климатической системы имеют место различия в интенсивности и положении отдельных ЦДА. Периоду стабилизации соответствует менее глубокое состояние Исландского и Алеутского минимумов и их сближение, в то время как в начале второй волны глобального потепления их интенсивность возросла и они разошлись: Исландский минимум к западу, Алеутский минимум к востоку. Среди антициклонических центров действия во вторую волну глобального потепления наиболее активными оказались Арктический и зимний Азиатский антициклоны.

Выявленные особенности распределения поля приземного давления согласуются с региональными климатическими изменениями.

Библиографический список

1. Смирнов Н. П., Воробьев В. Н., Качанов С. Ю. Северо-Атлантическое колебание и климат. СПб., 1998. 119 с.
2. Смирнов Н. П., Воробьев В. Н. Северо-Тихоокеанское колебание и динамика климата в северной части Тихого океана. СПб., 2002. 121 с.
3. Воробьев В. Н., Смирнов Н. П. Арктический антициклон и динамика климата северной полярной области. СПб., 2003. 82 с.
4. Шерстюков Б. Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата / ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск, 2008. 246 с.
5. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: в 2 т. М., 2008. Т. 1. Изменения климата. 227 с.
6. Шиловцева О. А., Кононова Н. К., Романенко Ф. А. Пространственно-временные изменения климата в арктических регионах России в конце XIX – начале XXI веков // Глобальные и региональные изменения климата: тр. междунар. конф. Киев, 2010. С. 36–37.
7. Морозова С. В., Полянская Е. А. Характеристика барического поля на АТ-500 в первом ЕСР в 1971–1989 гг. // География в вузах России. СПб., 1994. С. 86–88.