УДК 551.515

Характеристика связи аномалий среднесуточной температуры воздуха в г. Перми с формами атмосферной циркуляции А.Л. Каца

Н.А. Калинин
Пермский государственный университет

Известно, что все метеорологические величины и явления зависят от интенсивности и характера атмосферной циркуляции, а прогноз погоды строится на прогнозе синоптического положения атмосферных процессов. Таким образом, для того, чтобы правильно рассчитать все погодные характеристики, необходимо знать, каким образом они связаны с атмосферной циркуляцией. Эта задача наиболее актуальна для температуры воздуха, как одного из главных элементов прогноза погоды [1, 3–8, 10–11, 20].

Цель данной работы заключается в исследовании характеристик связи аномалий среднесуточной температуры воздуха в г. Перми с формами атмосферной циркуляции А.Л. Каца.

В качестве исходного материала для расчета индексов атмосферной циркуляции А.Л. Каца использовалась электронная версия синоптических бюллетеней Северного полушария за декабрь 1999 – ноябрь 2004 гг. (карты изобарической поверхности AT_{500} за 00 *ч* Международного согласованного времени), любезно предоставленных директором Гидрометцентра России Р.М. Вильфандом [23]. Значения среднесуточной температуры воздуха за декабрь 1999 – ноябрь 2004 гг. по метеорологической станции Пермь были рассчитаны на основе срочных данных, выписанных с сервера «Погода России» [24].

Индексы атмосферной циркуляции А.Л. Каца вычислялись в целом для района 40° з.д. – 100° в.д., в зоне 40 – 70° с.ш. и отдельно по северной и южной зонам района (40 – 55 и 55 – 70° с.ш.) [2].

При расчете индекса зональной циркуляции $I_З$ для северной зоны $\varphi_2 = 70^\circ, \varphi_1 = 55^\circ$, а $\varphi_2 - \varphi_1 = 15^\circ$. Для южной зоны $\varphi_2 - \varphi_1 = 55^\circ - 40^\circ = 15^\circ$, $i = 15$ – – число меридианов, по которым считается пересечение изогипс в широтной зоне 70–55° (для северной зоны) или 55–40° (для южной зоны) в долготном интервале λ_1, λ_2 от 40° з.д. до 100° в.д. с шагом $\Delta\lambda = 10^\circ$. Таким образом, рабочая формула для расчета индекса зональной циркуляции $I_З$ будет выглядеть следующим образом:

$$I_З = \frac{4\sum_{1}^{4} n_i}{225}. \qquad (1)$$

При расчете n_i (число пересечений изогипс поверхности AT_{500} с пятнадцатью меридианами в каждой зоне между долготами φ_2 и φ_1) направления переноса с запада на восток ($n_З$) считают положительными, а направления переноса с востока на запад — отрицательными ($n_В$). Поэтому $n_i = n_З - n_В$. Обычно $n_i > 0$. Индекс $I_З$ считают отдельно для северной и южной зон.

При расчете индекса меридиональной циркуляции $I_М$ $\lambda_2 - \lambda_1 = 100^\circ$ *в.д.* $- 40^\circ$ *з.д.* $= 140^\circ$, $j = 4$ (северная зона — 70, 65, 60 и 55°, южная — 55, 50, 45 и 40°) — число параллелей, на которых считаются пересечения изогипс поверхности AT_{500}

© Н.А. Калинин, 2007

в долготной зоне $\lambda_2 - \lambda_1 = 140^\circ$. Для северной зоны

$$\overline{\cos\varphi} = \frac{\cos 70^\circ + \cos 65^\circ + \cos 60^\circ + \cos 55^\circ}{4} = 0{,}46,$$

для южной

$$\overline{\cos\varphi} = \frac{\cos 55^\circ + \cos 50^\circ + \cos 45^\circ + \cos 40^\circ}{4} = 0{,}67.$$

Таким образом, рабочая формула для расчета индекса меридиональной циркуляции I_M будет выглядеть следующим образом:

$$I_M = \frac{4\sum_1^4 m_j}{560\,\overline{\cos\varphi}}. \qquad (2)$$

При расчете m_j (число пересечений изогипс поверхности AT_{500} с четырьмя параллелями в долготной зоне λ_2 и λ_1) все пересечения считаются положительными, т.е. $m_i = m_{IO} + m_C$, где m_{IO} — перенос с юга на север, m_C — перенос с севера на юг. Индекс I_M считают отдельно для северной и южной зон.

Общий индекс $I_O = \frac{I_M}{I_3}$ считают также отдельно для северной и южной зон. Он дает возможность относить синоптические процессы либо к зональному (шифр 11), либо к меридиональному (шифры 12, 21, 22) типу.

Индексы атмосферной циркуляции А.Л. Каца были рассчитаны за каждый день с декабря 1999 по ноябрь 2004 г. На основании общего индекса были определены случаи с зональной и меридиональной циркуляцией, а затем по соотношению знаков зональных градиентов геопотенциала AT_{500} на участках Лондон — Киев и Киев — Оренбург [9] устанавливались формы меридиональной циркуляции (З, Ц, В или С). В табл. 1 приведена средняя продолжительность форм атмосферной циркуляции А.Л. Каца за декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг.

Таблица 1

Средняя продолжительность форм атмосферной циркуляции А.Л. Каца за декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг.. дни

Период	Зональный тип	Меридиональный тип циркуляции по А.Л.Кацу			
		З	Ц	В	С
Зима	7	24	18	9	32
Весна	4	16	32	12	28
Лето	11	13	34	11	23
Осень	9	12	35	10	24

Как следует из этих данных, зимой наибольшая средняя продолжительность на пространстве I естественного синоптического района отмечается у западной и смешанной форм циркуляции (в сумме эти формы занимают 56 дней), а наименьшая — у центральной и восточной форм (в сумме — 27 дней), а также зональных процессов. Это объясняется сезонным влиянием подстилающей поверхности и полностью согласуется с многолетними характеристиками тропосферной циркуляции в холодную половину года. При этом над Атлантическим

океаном развивается гребень тепла, который образуется вследствие того, что зимой океан теплее суши, и за счет западного переноса смещается от океана на восток с осью, расположенной восточнее Великобритании. Таким образом, в холодный период меридиональные процессы З и С имеют ту общую особенность, что у них над восточными районами Северной Атлантики и Западной Европой располагается высотный гребень, который над Европейской территорией России сменяется высотной ложбиной, что характерно для карт многолетних средних значений H_{500} [12–17, 20–22]. Две другие формы циркуляции — меридиональные процессы Ц и В — характеризуются противоположной локализацией высотных гребней и ложбин. Гребни расположены над центральной частью Евразии, а ложбины — над Западной Европой и прилегающей частью Атлантического океана. В холодную половину года такая локализация не может быть поддержана обычным состоянием подстилающей поверхности (океан теплее суши). Поэтому принято считать формы З и С зимними [20].

В то время как в холодную половину года формы З и С являются преобладающими, летом, наоборот, на них в сумме приходится 36 дней. Наиболее часто повторяющейся в это время года оказывается форма Ц, на которую приходится 34 дня. Второе место по повторяемости летом занимает форма С (23 дня), хотя это не является характерным событием в многолетнем режиме [9] и может быть связано с недостаточно большим периодом исследования. При этом в сумме процессы Ц и В составляют 45 дней. Поэтому формы Ц и В условно называют летними процессами [20].

Весной и осенью каких-либо ярких различий в повторяемости меридиональных форм атмосферной циркуляции не обнаружено. Весной суммарная продолжительность форм З и С и форм Ц и В одинакова — 44 дня. Осенью формы З и С наблюдались в сумме 36 дней, формы Ц и В — 45 дней. Так как весна и осень являются переходными сезонами, то заметного контраста между материком и океаном нет, поэтому и каких-либо заметных различий в повторяемости форм меридиональной циркуляции А.Л. Каца не существует.

Проанализируем далее преемственность форм атмосферной циркуляции А.Л. Каца, определив вероятность их взаимного преобразования. Соответствующие расчеты, которые проводились для процессов, имеющих продолжительность не менее двух дней, т.е. без учета исходных процессов-однодневок, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Преемственность форм атмосферной циркуляции А.Л. Каца, число случаев/%

Исходный процесс	Последующий процесс					Число случаев	% от общего числа случаев
	Зональный	З	Ц	В	С		
Зональный	–	6/18	8/24	4/12	15/46	33	11
З	6/11	–	19/33	0	32/56	57	18
Ц	11/13	21/24	–	27/31	27/31	86	28
В	3/7	3/7	17/41	–	19/45	42	14
С	9/10	37/41	32/35	13/14	–	91	29

Из табл. 2 следует, что зональный процесс чаще всего (в 46 % случаев) переходит в форму С. Меридиональные формы З, Ц и В также чаще всего переходят в форму С: соответственно в 56, 31 и 45 % случаев. Одной из главных причин является то обстоятельство, что форма С наблюдается чаще всего (29 % всех рассмотренных за данный период случаев). Довольно высокий процент взаимных преобразований форм З и Ц, В и Ц, а также Ц с З и В. Этой особенности тоже легко найти объяснение, которое заключается в том, что эти формы близки друг другу в диагностическом плане и небольшое смещение осей гребней и ложбин приводит к данным преобразованиям. А вот форма З ни разу не преобразовалась в форму В, а форма В только 3 раза (всего 7 %) преобразовывалась в форму З (табл. 2). Сопоставление центральных изогипс этих форм [20] показывает, что на месте гребня одной формы наблю-

дается ложбина другой, и наоборот, поэтому случаи взаимной перестройки этих форм, которые минуют промежуточные формы Ц или С, наблюдаются крайне редко.

Для того чтобы дать характеристику аномалий среднесуточной температуры воздуха в г. Перми при различных формах атмосферной циркуляции А.Л. Каца, определимся, прежде всего, с ее расчетом. Аномалия определялась как отклонение среднесуточной температуры воздуха за каждый день месяца (T_i) от среднемесячной температуры ($T_{ср}$). При этом последняя представляла собой:

1. среднемесячную температуру данного месяца данного года;

2. среднее значение $T_{ср}$ для каждого месяца за весь исследуемый период;

3. климатические значения среднемесячной температуры воздуха, выписанные из Научно-прикладного справочника по климату СССР [18].

В соответствии с указанным выше в дальнейшем будем говорить о I, II или III вариантах расчета.

Отдельно для каждой формы циркуляции А.Л. Каца были вычислены средние аномалии за месяц. Затем для каждого месяца по каждой форме рассчитывалась средняя аномалия за исследуемый период.

Таблица 3

Среднемесячная температура воздуха в г. Перми за декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг.

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1999	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–5,9
2000	–10.5	–7.3	–2.3	7.2	8.2	17.9	20.9	14.7	8.3	2.5	–6.9	–13.1
2001	–10.3	–15.2	–3.4	6.3	12.6	14.6	18.0	15.0	10.8	0.4	–4.9	–15.1
2002	–11.0	–5.0	–2.1	2.6	7.8	14.0	18.7	11.7	10.1	1.4	–4.4	–19.9
2003	–12.8	–13.6	–4.2	4.4	12.2	13.8	18.9	19.2	10.5	5.6	–5.1	–5.3
2004	–9.5	–10.0	–3.4	–0.8	13.0	15.4	21.3	16.1	11.1	2.0	–3.8	–
Среднее	–10.9	–10.2	–3.1	3.9	10.7	15.2	19.6	15.3	10.2	2.4	–5.1	–11.9
$T_{\text{ср.клим}}$	–15.3	–13.4	–6.9	2.6	10.2	15.7	18.0	15.4	9.3	1.4	–6.3	–12.7

Предварительно были рассчитаны среднемесячная температура за каждый год исследуемого периода и средние значения указанного параметра за весь период. Табл. 3 содержит результаты вычислений и климатические значения среднемесячной температуры воздуха.

Интересно то, что начиная с зимы 2000 – 2001 гг., минимум температуры отмечался не в январе, который принято считать на Урале самым холодным месяцем года, а в декабре (зимы 2001/2002 и 2002/2003 гг.) или в феврале (зимы 2000/2001 и 2003/2004 гг.). Минимальное среднее значение в исследуемом периоде также приходится на декабрь. Максимум температуры в 2003 г. отмечался не в июле, а в августе.

Следует отметить и тот факт, что для всех месяцев, за исключением июня и августа, значения среднемесячной температуры, осредненные за рассматриваемый период, превышают климатические данные на 0.5 (май) — 4.4ºС (январь). Это свидетельствует о том, что наблюдается некоторое повышение температуры воздуха в последние годы по сравнению с нормой, рассчитанной за период 1883 – 1980 гг. [18].

Данные табл. 3 позволили рассчитать аномалии среднесуточной температуры воздуха в различные месяцы, в холодный (октябрь–март) и теплый (апрель–сентябрь) периоды года

при зональной циркуляции, а также разных формах меридиональной атмосферной циркуляции А.Л. Каца. Результаты этих расчетов представлены в табл. 4 – 6 соответственно для трех вариантов расчета.

Таблица 4

Аномалии среднесуточной температуры воздуха в различные месяцы, холодный (ХП) и теплый (ТП) периоды при разных формах циркуляции (ФЦ) А.Л. Каца за декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг. (I вариант расчета)

ФЦ	Месяц												ХП	ТП
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Зон.	2.7	3.6	1.6	1.7	–3.4	1.9	0.4	1.8	1.9	0.6	4.2	–2.1	1.7	0.7
З	–2.4	–2.4	–0.3	–3.3	–3.0	–1.6	–2.6	–2.0	–2.1	0.7	–1.1	–1.0	–1.1	–2.4
Ц	0.7	–2.7	–2.1	–1.2	0.1	–1.3	–1.6	–0.1	–1.7	–1.0	–0.6	–0.5	–1.0	–1.0
В	0.4	3.1	3.3	2.7	0.8	0.8	2.1	–0.1	2.6	2.1	2.7	–0.9	1.8	1.5
С	0.6	1.8	1.3	–0.1	2.0	2.5	1.3	0.5	0.8	0.8	–0.1	1.5	1.0	1.2

При сопоставлении данных трех таблиц видно, что наиболее значительны аномалии, рассчитанные как отклонение от климатических данных. Это подтверждает тот факт, что при большом периоде осреднения циркуляционные особенности учитываются в меньшей степени.

Таблица 5

Аномалии среднесуточной температуры воздуха в различные месяцы, холодный (ХП) и теплый (ТП) периоды при разных формах циркуляции (ФЦ) А.Л. Каца за декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг. (II вариант расчета)

ФЦ	Месяц												ХП	ТП
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Зон.	2.3	6.1	2.6	0.7	–2.2	0.7	0.1	0.7	1.6	1.1	4.4	1.5	3.0	0.3
З	–3.0	–2.4	–0.6	–4.9	–3.9	–2.0	–2.8	–2.1	–1.8	0.0	–0.5	–0.6	–1.2	–2.9
Ц	0.7	–3.4	–2.1	–1.9	–0.7	–1.2	–2.1	–0.8	–1.8	–1.7	–0.7	–1.0	–1.4	–1.4
В	0.9	2.3	3.2	4.6	2.9	0.9	2.8	0.3	2.5	3.7	1.4	3.3	2.5	2.3
С	1.0	1.7	1.3	–0.3	3.5	3.1	1.9	2.0	0.9	1.5	0.3	0.1	1.0	1.9

Согласно [20] в холодный период года на Урале при зональной циркуляции отмечается положительная аномалия температуры воздуха, а в теплый период отклонения от нормы практически отсутствуют. Наши расчеты в целом подтверждают этот вывод.

Таблица 6

Аномалии среднесуточной температуры воздуха в различные месяцы, холодный (ХП) и теплый (ТП) периоды при разных формах циркуляции (ФЦ) А.Л. Каца за декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг. (III вариант расчета)

ФЦ	Месяц												ХП	ТП
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Зон.	6.7	9.2	6.4	2.0	–1.7	0.3	1.6	0.6	2.4	2.1	5.6	2.3	5.4	0.9
З	1.4	0.9	3.2	–3.6	–3.4	–2.5	–1.3	–2.1	–0.9	1.0	0.7	0.3	1.2	–2.3
Ц	5.1	–0.2	1.6	–0.6	–0.2	–1.7	–0.6	–0.8	–0.9	–0.7	0.5	–0.2	1.0	–0.8
В	5.3	5.5	7.0	6.0	3.4	0.4	4.4	0.2	3.4	4.7	2.7	4.2	4.9	3.0
С	5.4	4.9	5.1	1.0	4.1	2.7	3.5	2.0	1.7	2.4	1.5	0.9	3.4	2.5

Особенно отчетливо это проявляется при рассмотрении результатов III варианта расчета, где аномалия равна 0.9°С в теплый период и 5.4°С —в холодный. Исключение составляет май, для которого аномалия принимает значения –3.4°С, –2.2°С, –1.7°С соответственно для I, II и III вариантов расчета. Также в декабре при I варианте расчета аномалия составляет –2.1°С (табл. 4).

При форме З в холодное и теплое полугодия отмечаются отрицательные аномалии температуры воздуха, что также подтверждает известный вывод, представленный в [20]. Исключением является аномалия холодного полугодия, рассчитанная как отклонение от климатической нормы, которая составляет 1.2°С.

Форма Ц должна давать отрицательные аномалии в холодный период и положительные — в теплый [20]. Наши расчеты подтверждают этот вывод, касающийся только холодного периода года при I и II вариантах расчета. В теплый период, согласно данным табл. 4 – 6, при всех вариантах расчета отмечается отрицательная аномалия от –0.8 до –1.4°С. Вероятнее всего, это объясняется тем, что формы циркуляции А.Л. Каца характеризуют атмосферную циркуляцию на довольно большом пространстве и в сравнительно небольших регионах I естественного синоптического района, сравнимых по размерам с территорией Пермского края, одна и та же форма циркуляции А.Л. Каца может содержать несколько различных местных циркуляций, которые в свою очередь формируют не всегда типичный температурный фон, как это наблюдалось при форме Ц в теплый период года в Перми.

При форме В во все месяцы года для всех вариантов расчета наблюдались положительные аномалии среднесуточной температуры воздуха (за исключением декабря и августа при I варианте расчета — табл. 4). Это в целом соответствует распределению изаномал, представленных в [20], однако разброс значений довольно велик: I вариант расчета — от 2.7°С в апреле до 0.4°С в январе и –0.9°С в декабре (табл. 4); II вариант расчета — от 4.6°С в апреле до 0.3°С в августе (табл. 5); III вариант расчета — от 7.0°С в марте до 0.2°С в августе (табл. 6). Отчасти этот разброс можно объяснить небольшим числом случаев с данной формой циркуляции.

Форма С дает следующий разброс аномалий: от 2.5°С в июне до –0.1°С в ноябре и апреле при I варианте расчета; от 3.5°С в мае до –0.3°С в апреле при II варианте расчета; от 5.4°С в январе, до 0.9°С в декабре при III варианте расчета, чем формирует типичный температурный режим в выбранном нами периоде (декабрь 1999 — ноябрь 2004 гг.) [20].

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Зимой наибольшая средняя продолжительность на пространстве I естественного синоптического района отмечается у западной (З) и смешанной (С) форм циркуляции А.Л. Каца (в сумме эти формы занимают 56 дней), а наименьшая — у центральной (Ц) и восточной

(В) форм (в сумме — 27 дней), а также зональных процессов. Поэтому формы З и С условно называют зимними процессами.

2. В то время как в холодную половину года формы З и С являются преобладающими, летом, наоборот, на них в сумме приходится 36 дней. Наиболее повторяющейся в это время года оказывается форма Ц, на которую приходится 34 дня. Второе место по повторяемости летом занимает форма С (23 дня), хотя это не является характерным событием в многолетнем режиме и может быть связано с недостаточно большим периодом исследования. При этом в сумме процессы Ц и В составляют 45 дней. Поэтому формы Ц и В условно называют летними процессами.

3. Весной и осенью каких-либо ярких различий в повторяемости меридиональных форм атмосферной циркуляции не обнаружено. Весной суммарная продолжительность форм З и С и форм Ц и В одинакова — 44 дня. Осенью формы З и С наблюдались в сумме 36 дней, формы Ц и В — 45 дней.

4. Зональный процесс чаще всего (в 46 % случаев) переходит в форму С. Формы З, Ц и В также чаще всего переходят в форму С: соответственно в 56, 31 и 45 % случаев. Довольно высокий процент взаимных преобразований форм З и Ц, В и Ц, а также Ц с З и В.

5. Форма З ни разу не преобразовалась в форму В, а форма В только 3 раза (7 % случаев) преобразовывалась в форму З.

6. Начиная с зимы 2000 – 2001 гг. минимум температуры отмечался не в январе, который принято считать на Урале самым холодным месяцем года, а в декабре (зимы 2001/2002 и 2002/2003 гг.) или в феврале (зимы 2000/2001 и 2003/2004 гг.). Минимальное среднее значение в исследуемом периоде также приходится на декабрь. Максимум температуры в 2003 г. отмечался не в июле, а в августе.

7. Для всех месяцев, за исключением июня и августа, значения среднемесячной температуры, осредненные за рассматриваемый период, превышают климатические данные на 0.5 (май) — 4.4ºС (январь).

8. Наиболее значительны аномалии, рассчитанные как отклонение от климатических значений среднемесячной температуры воздуха.

9. В целом зональная циркуляция и формы меридиональной атмосферной циркуляции А.Л. Каца за исследуемый период формируют в районе г. Перми температурный режим, определенный ранее в исследованиях А.Л. Каца. Однако при долгосрочном прогнозе температуры воздуха, основанном на связи атмосферной циркуляции и погодных характеристик, необходимо более детальное исследование циркуляционных особенностей на территории Пермской области для определения подтипов как зональной циркуляции, так и форм меридиональной циркуляции А.Л. Каца.

Автор благодарит выпускников кафедры Р.Г.Мирзаянова и К.В.Согрину за помощь в проведении расчетов.

Работа выполнена при поддержке Ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект РНП.2.1.1.7298).

Библиографический список

1. *Багров Н.А.* Долгосрочные метеорологические прогнозы / Н.А. Багров и др. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 292 с.

2. *Бауман И.А.* Практикум по долгосрочным прогнозам погоды / И.А. Бауман, К.В. Кондратович, А.И. Савичев. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 104 с.

3. *Блинова Е.Н.* Общая циркуляция атмосферы и гидродинамический долгосрочный прогноз / Е.Н. Блинова // Труды ГМЦ СССР. 1967. Вып. 15. С. 3–25.

4. *Воробьев В.И.* Долгосрочные прогнозы погоды / В.И. Воробьев. Л.: ВИКИ им. А.Ф. Можайского, 1977. 252 с.

5. *Воробьев В.И.* Синоптическая метеорология / В.И. Воробьев. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 616 с.

6. *Гирс А.А.* Основы долгосрочных прогнозов погоды / А.А. Гирс. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 362 с.

7. *Гирс А.А.* Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидродинамические прогнозы / А.А. Гирс. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 280 с.

8. *Гирс А.А.* Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов / А.А. Гирс. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 488 с.

9. *Гирс А.А.* Методы долгосрочных прогнозов погоды / А.А. Гирс, К.В. Кондратович. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 344 с.

10. *Долгосрочное* и среднесрочное прогнозирование погоды. Проблемы и перспективы / под ред. Д. Бариджа и Э. Челлена; пер. с англ. / под ред. И.В. Тросникова. М.: Мир, 1987. 288 с.

11. *Зверев А.С.* Синоптическая метеорология / А.С. Зверев. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 540 с.

12. *Кац А.Л.* Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы / А.Л. Кац. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 270 с.

13. *Кац А.Л.* Формирование крупных аномалий температуры воздуха на территории СССР в зимние месяцы / А.Л. Кац, Г.И. Морской, В.Г. Семенов // Труды ЦИП. 1957. Вып. 49. С. 12–26.

14. Климатология. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 688 с.

15. *Матвеев Л.Т.* Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли / Л.Т. Матвеев. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 296 с.

16. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. СПб.: Гидрометеоиздат, 2000. 780 с.

17. *Мусаэлян Ш.А.* О природе некоторых сверхдлительных атмосферных процессов / Ш.А. Мусаелян. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 142 с.

18. *Научно-прикладной* справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 9. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 557 с.

19. *Пальмен Э.* Циркуляционные системы атмосферы / Э. Пальмен, Ч. Ньютон; пер. с англ. / под ред. С.П. Хромова. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 615 с.

20. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3–10 дней. Часть 1. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 352 с.

21. Руководство по месячным прогнозам погоды. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 348 с.

22. *Серяков Е.И.* Долгосрочные прогнозы тепловых процессов в Северной Атлантике / Е.И. Серяков. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 166 с.

23. *Синоптический* бюллетень. Северное полушарие. Ч. 1. Электронная версия / Гидрометцентр России. НПЦ «Мэп Мейкер». 1999 – 2004 гг.

24. http://meteo.infospace.ru