

Обзор циклонической и антициклонической активности на территории Северного полушария за 2020 год

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем обзоре представлен анализ аномальности некоторых характеристик циклонической и антициклонической активности, наблюдавшейся во внетропической зоне северного полушария зимой и летом 2020 года, а именно, повторяемости циклонов и антициклонов, их глубины/высоты и площади. Данные обзора также позволяют получить представление о долгопериодных изменениях циклонической/антициклонической активности за 1952-2020 гг. для рассматриваемых сезонов. Также приведены сведения о наблюдавшихся в эти сезоны эпизодах атмосферного блокинга и связанных с ними аномалий температуры воздуха и атмосферных осадков.

Характеристики циклонической и антициклонической активности

Приводятся оценки как самих характеристик, так и их аномалий в виде отклонения от нормы (среднего за базовый период 1961-1990 гг.) и в долях статистики масштаба (стандартного отклонения, также полученного за базовый период) - нормированная аномалия по отдельным регионам. В качестве регионов выбраны широтно-долготные прямоугольники, расположенные на суше и над акваторией океанов северного полушария (рисунки 1, 2). Регионы выбирались в областях максимальной повторяемости циклонов (антициклонов) как в целом за период с 1951 года, так и в противоположных фазах ведущих климатических мод Северного полушария (Бардин и др. 2015, 2019). Отметим, что набор регионов различен для циклонов и антициклонов и для различных сезонов.

Повторяемость рассчитывается как число циклоно(антициклоно)-дней, деленное на количество дней в сезоне, и выражается в процентах (на графиках в долях единицы). За один циклоно(антициклоно)-день принимается день, когда центр вихря попадает в рассматриваемый регион. Средние по региону площадь и глубина получаются простым осреднением соответствующих характеристик циклонов/антициклонов, за сроки, когда центры попадали в заданный регион. Аномалии рассчитываются по данным регионально обобщенных временных рядов относительно средних за 1961-1990 гг.

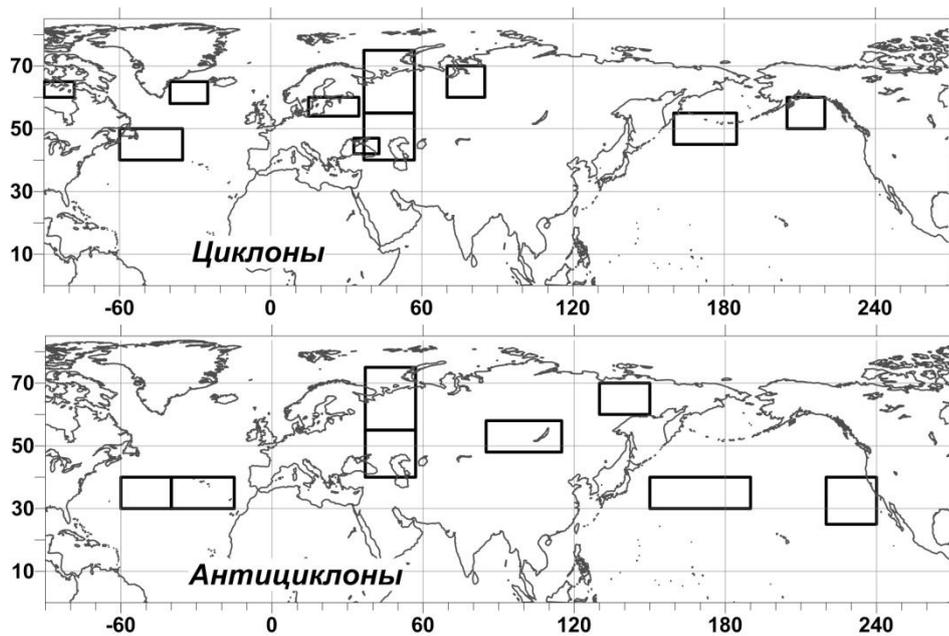


Рисунок 1 - Схема регионов для мониторинга циклонической и антициклонической активности (зимний сезон)

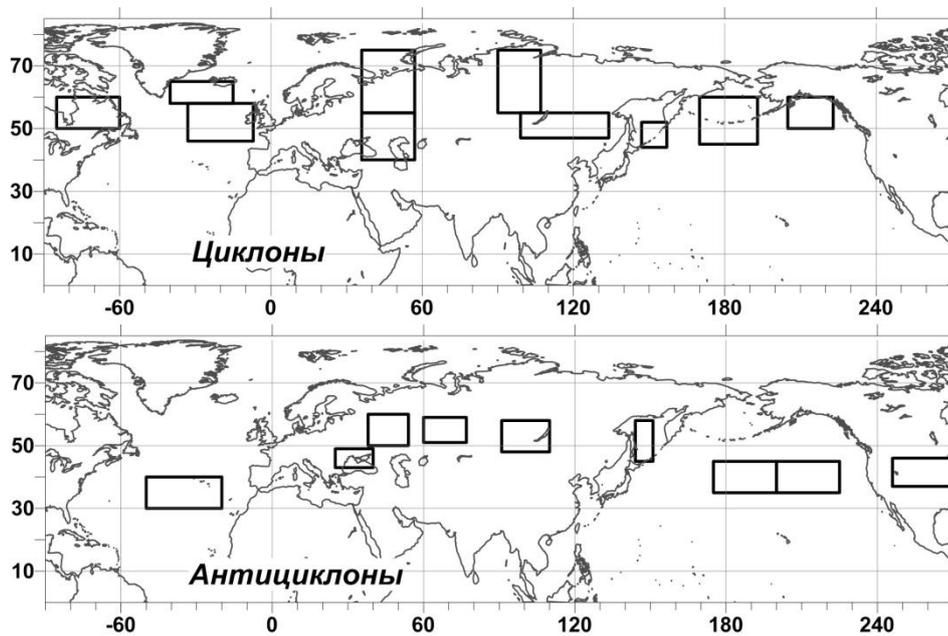


Рисунок 2 - Схема регионов для мониторинга циклонической и антициклонической активности (летний сезон)

Метод, использованный для идентификации циклонов/антициклонов, основан на том, что циклон представляет собой углубление (соответственно, антициклон – «купол») изобарической поверхности (рисунок 3). Выделялись одноцентровые

циклоны/антициклоны, ограниченные замкнутой изогипсой (изогипса уровня Z_0 на рисунок 3), внутри которой содержится единственный минимум (для циклонов) или максимум (для антициклонов).

Для области S_0 рассчитываются следующие характеристики:

- (f_c, l_c) - координаты геометрического центра: центра тяжести области внутри «минимального» контура; - Z_c - значение в центре, гПм; - $d = |Z_c - Z_0|$ - глубина (циклон), высота (антициклон), гПм; - $a = \int_{x \in S_0} ds$ - площадь, млн. км².

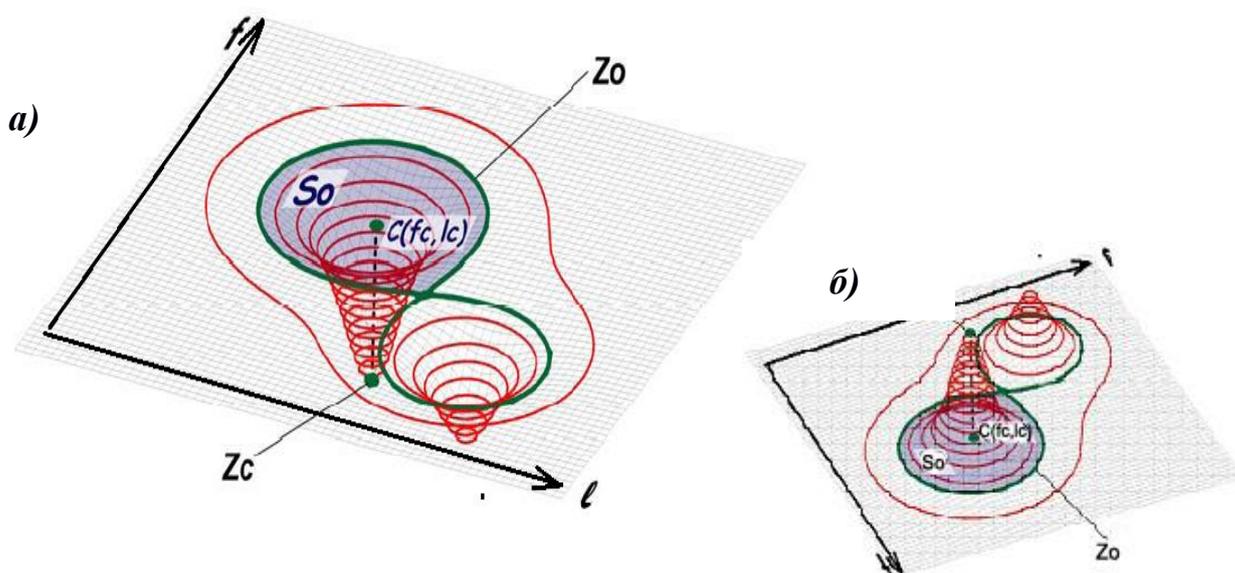


Рисунок 3 - Схема к определению циклонической области по данным барической топографии (а); то же для антициклонической области (б).

Центры в полях геопотенциала за последовательные сроки объединяются в траектории на основе алгоритма «ближайшего соседа» с дополнительным условием перемещения не более 600 км за один срок для циклонов и 500 км — для антициклонов. Архив траекторий, содержащий указанные выше характеристики, фильтровался: оставлены лишь те циклоны/антициклоны, которые просуществовали не менее 6 сроков.

Для расчета используются данные поля геопотенциала H1000 и H500 реанализа NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996) за 4 срока с 1951 года; сетка 2.5x2.5 градуса.

Особенности вихревой активности в Северном полушарии в зимний сезон

В таблице 1 приведены осредненные по выбранным регионам значения и аномалии повторяемости, глубины и площади циклонов для зимы 2019/20 гг. Аналогичные характеристики для антициклонов приведены в таблице 2.

В 2020 году зимой циклоническая активность в большинстве регионов была ниже нормы. Наиболее крупные отрицательные аномалии повторяемости циклонов отмечались в Южной части ЕЧР и в Прибалтике, однако циклоны здесь были более глубокими по сравнению с нормой. В то же время в Тихом океане повторяемость циклонов превышала норму (нормированная аномалия составила 1.5-2.5 нормы). В Северной части ЕЧР повторяемость была близка к норме, и циклоны отличались аномально меньшей глубиной. Небольшими размерами отличались циклоны в Северной Америке.

Таблица 1 - Регионально осредненные характеристики циклонической активности в Северном полушарии для зимнего сезона 2019/20 гг.

v – аномалия в отклонениях от среднего за период 1961-1990 гг.,

w – аномалия, нормированная на стандартное отклонение

Регион	Повторяемость			Площадь			Глубина		
	F, %	vF, %	wF	A, млн км ²	vA, млн км ²	wA	D, гпм	vD, гпм	wD
Северная Атлантика сев (40-50° с.ш., 35-60° з.д.)	21	-1.5	-0.31	1.50	-0.74	-1.00	119.5	-7.7	-0.31
Северная Атлантика (58-65° с.ш., 25-40° з.д.)	19	0.2	0.05	2.56	0.46	0.91	151.0	16.7	0.64
Северная часть ЕЧР (55-75° с.ш., 37-57° в.д.)	24	-0.7	-0.08	1.69	0.11	0.32	99.2	22.4	1.85
Южная часть ЕЧР (40-55° с.ш., 37-57° в.д.)	7	-6.4	-1.22	1.48	0.21	0.81	37.6	-13.2	-1.48
Прибалтика (54-60° с.ш., 15-35° в.д.)	4	-4.0	-1.19	0.75	-0.83	-1.12	38.8	-38.1	-1.39
Причерноморье (42-47° с.ш., 33-43° в.д.)	1	-0.8	-0.52	3.62	2.06	2.38	70.0	13.6	0.43
Обская губа (60-70° с.ш., 70-85° в.д.)	10	-0.7	-0.18	1.88	0.40	0.61	78.1	9.2	0.40
Северная Америка (60-65° с.ш., 78-90° з.д.)	5	-4.0	-0.86	0.48	-0.68	-1.22	37.8	-19.5	-1.04
Тихий океан (45-55° с.ш., 160-185° в.д.)	46	12.3	2.47	3.53	-0.25	-0.42	174.1	9.9	0.47
Тихий океан (50-60° с.ш., 205-220° в.д.)	35	10.0	1.54	2.38	-0.25	-0.36	123.3	-2.1	-0.10

Таблица 2 - Регионально осредненные характеристики антициклонической активности в Северном полушарии для зимнего сезона 2019/20 гг.

v – аномалия в отклонениях от среднего за период 1961-1990 гг.,

w – аномалия, нормированная на стандартное отклонение

Регион	Повторяемость			Площадь			Высота		
	F, %	vF, %	wF	A, млн км ²	vA, млн км ²	wA	D, гпм	vD, гпм	wD
Северная Атлантика сев (30-40° с.ш., 40-15° з.д.)	30	4.1	0.42	5.20	-0.32	-0.37	61.6	0.8	0.08
Северная Атлантика (30-40° с.ш., 60-40° з.д.)	12	1.2	0.28	4.16	-0.23	-0.23	57.7	6.7	0.60
Северная часть ЕЧР (55-75° с.ш., 37-57° в.д.)	0.2	-7.0	-1.56	0.99	-1.44	-0.96	20.0	-32.8	-1.47
Южная часть ЕЧР (40-55° с.ш., 37-57° в.д.)	18	6.8	1.54	1.52	-0.70	-0.81	31.1	-12.9	-1.04
Юг Сибири (48-58° с.ш., 85-115° в.д.)	52	19.9	2.52	2.44	-1.30	-1.43	53.4	-17.9	-1.30
Северо-восток РФ (60-70° с.ш., 130-150° в.д.)	19	2.6	0.23	1.76	0.16	0.40	26.5	-0.38	-0.06
Тихий океан (25-40 с.ш., 220-240° в.д.)	37	9.6	1.17	3.07	0.38	0.59	47.7	11.5	1.56
Тихий океан (30-40° с.ш., 150-190° в.д.)	36	16.1	1.91	3.90	0.48	0.65	56.2	8.4	0.85

Повторяемость антициклонов превышала многолетние значения во всех регионах Северного полушария, за исключением Северной части ЕЧР, где антициклоны к тому же оказались менее «мощными», чем обычно. Повышенная антициклоническая активность наблюдалась в Южной части ЕЧР, на Юге Сибири, а также в обоих регионах Тихого океана. Значительные отрицательные аномалии (превышавшие стандартное отклонение) отмечались на юге ЕЧР для высоты антициклонов и на Юге Сибири для высоты и площади. Наиболее «высокими» по сравнению с нормой были антициклоны в Тихом океане в зоне 25-40° с.ш., 220-240° в.д.

На рисунках 4, 5 приведены временные ряды сезонных оценок повторяемости (отношение количества дней, когда центр циклона находился в рассматриваемом регионе к суммарному числу дней в сезоне) циклонов для регионов северного полушария. На рисунках 6, 7 представлены аналогичные временные ряды для антициклонов. Дополнительно показаны 11-летние скользящие средние, которые позволяют проследить колебания анализируемой характеристики.

В изменениях повторяемости циклонов в большинстве регионов Северной Атлантики и Северной части Тихого океана однонаправленные тенденции не выявлены. Исключение составляет область Тихого океана (50-60° с.ш., 205-220° в.д.), где отмечается слабое уменьшение повторяемости на всем периоде 1952-2020 гг. (рисунок 4г).

В Северной Атлантике (40-50 с.ш., 35-60 з.д.) наименьшая повторяемость циклонов отмечалась в середине 1980-х, затем начался рост, продолжавшийся до середины 2000-х. В последнее десятилетие циклоническая активность в регионе ослабевает (рисунок 4а). К западу от Исландии (58-65° с.ш., 25-40° з.д.) и в Тихом океане в области (45-55° с.ш., 160-185° в.д.), выраженные колебания не прослеживались. Отметим, что в последнем регионе в 2019 и 2020 гг. отмечались максимальные за рассматриваемый период значения повторяемости зимних циклонов.

На севере ЕЧР (рисунок 5а) повышенная повторяемость циклонов наблюдалась в конце 1950-х – начале 1960-х и с середины 1980-х до конца 1990-х. С начала 2000-х повторяемость циклонов уменьшается. В южной половине ЕЧР (рисунок 5б) долгопериодные изменения циклонической активности характеризуются небольшим ростом с середины 1970-х до середины 1980-х, затем убывание до середины 1990-х, после чего выраженные колебания не прослеживаются. В Прибалтике (рисунок 5д) выраженных долгопериодных тенденций не наблюдается. Прослеживаются колебания с периодом около 2-х десятилетий. В Обской губе (рисунок 5г) повышенная циклоническая активность отмечалась с середины 1970-х до конца 1980-х. В Черноморье (рисунок 5в), по сравнению с другими рассматриваемыми регионами, циклоны зимой наблюдаются реже. Количество циклоно-дней уменьшалось с начала 1980-х до середины 1990-х, затем стало увеличиваться. В Северной Америке (рисунок 5е) период повышенной циклонической активности отмечался от середины 1980-х до середины 2000-х, затем - медленный спад.

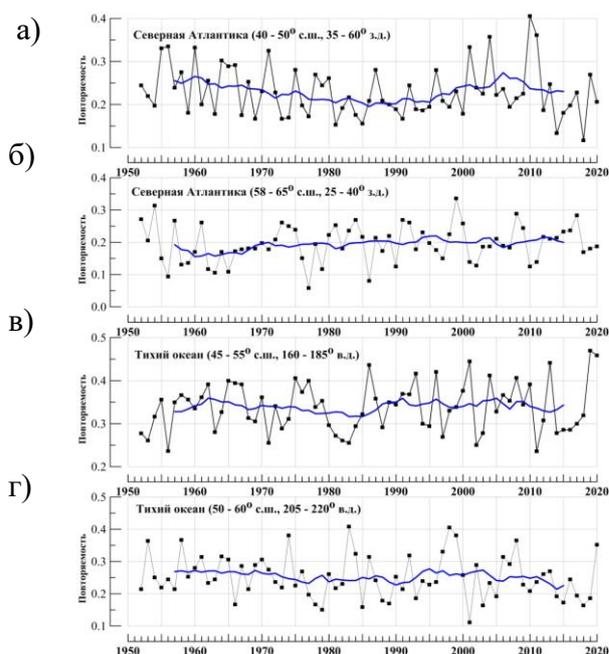


Рисунок 4 - Повторяемость циклонов (доля циклоно-дней в сезоне с центром циклона над регионом) в зимние сезоны 1951/52 - 2019/20 гг. для регионов Северной Атлантики и северной части Тихого океана

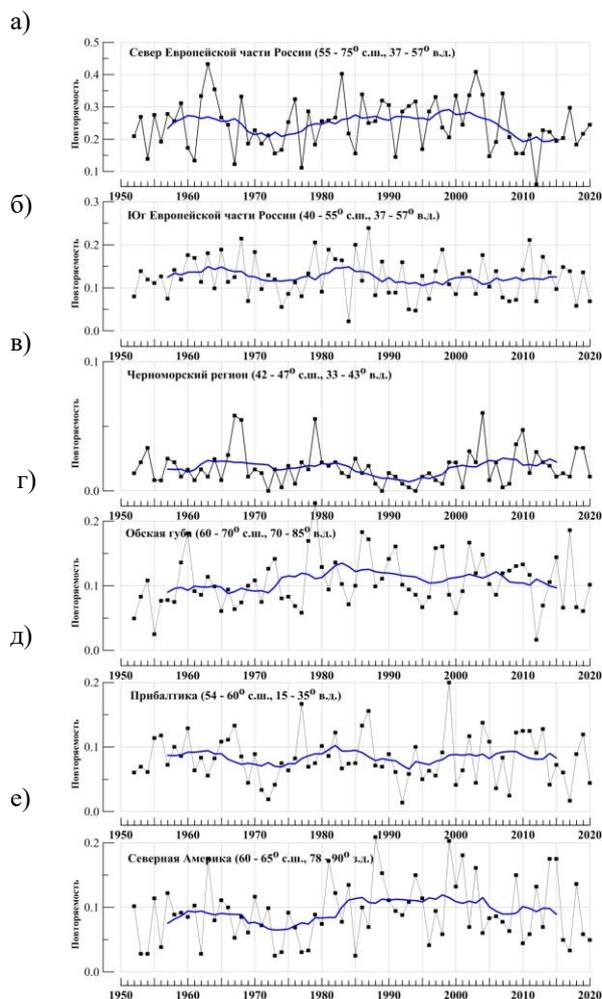


Рисунок 5 - Повторяемость циклонов в континентальных регионах северной Евразии и Северной Америки для зимних сезонов 1951/52 - 2019/20 гг.

В изменениях повторяемости антициклонов в Северной Атлантике (30-40° с.ш., 15-40° з.д.) отмечаются колебания с периодом 30-40 лет (рисунок 6а). Максимумы повторяемости наблюдались в 1961 и 2014 гг., в последние 6 лет антициклоническая активность в регионе ослабевала. В Североатлантической области 30-40° с.ш., 40-60° з.д. выраженных изменений не наблюдается. Можно отметить отмечается некоторое увеличение повторяемости в середине 1980-х гг. (рисунок 6б).

В изменениях повторяемости антициклонов в Тихоокеанском секторе 25-40° с.ш., 220-240° в.д. обнаруживаются колебания с максимумом в 1970-е и минимумом в 1980-е. В области 30-40° с.ш., 150-190° в.д. повышенные значения повторяемости антициклонов наблюдались в 1960-е и в конце 1980-х – начале 1990-х. С середины 2000-х в обоих регионах отмечается увеличение повторяемости антициклонов.

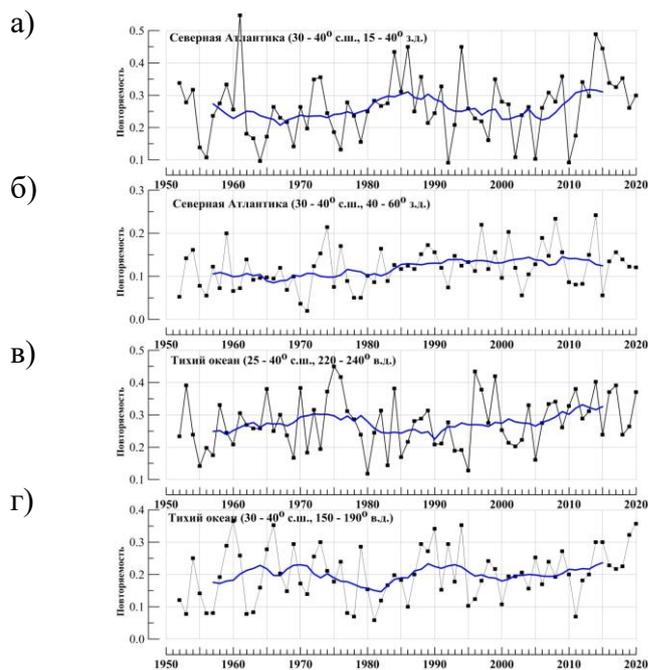


Рисунок 6 - Повторяемость антициклонов для зимних сезонов 1951/52 - 2019/20 гг. для регионов Северной Атлантики и северной части Тихого океана

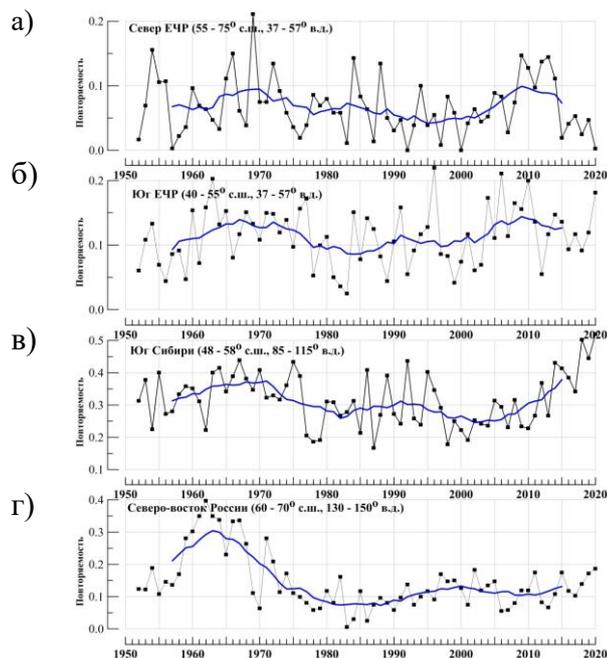


Рисунок 7 - Повторяемость антициклонов в континентальных регионах северной Евразии для зимних сезонов 1951/52 - 2019/20 гг.

В северных и южных регионах ЕЧР (рисунок 7а, 7б) повторяемость антициклонов повышена в конце 1960-х гг. Второй максимум наблюдается в конце 2000-х. На юге Сибири (рисунок 7в) прослеживаются колебания повторяемости антициклонов с периодом около 20 лет. Особенностью ряда повторяемости антициклонов на Северо-востоке России (рисунок 7г) является резкий рост в 1950-60-е гг. и столь же резкое

уменьшение с начала 1960-х до начала 1980-х. В последнее 30-летие наблюдается слабое увеличение повторяемости антициклонов.

Особенности вихревой активности в Северном полушарии в летний сезон.

В таблице 3 приведены осредненные по выбранным регионам значения и аномалии повторяемости, глубины и площади циклонов для зимы 2019/20 гг. Аналогичные характеристики для антициклонов приведены в таблице 4.

Таблица 3 - Регионально осредненные характеристики циклонической активности в Северном полушарии для летнего сезона 2020 г.

v – аномалия в отклонениях от среднего за период 1961-1990 гг.,

w – аномалия, нормированная на стандартное отклонение

Регион	Повторяемость			Площадь			Глубина		
	F, %	vF , %	wF	A, млн км ²	vA , млн км ²	wA	D, гпм	vD , гпм	wD
Северная Атлантика сев (58-65° с.ш., 40-15° з.д.)	24	2.4	0.40	2.00	0.36	1.23	93.8	10.7	0.79
Северная Атлантика (46-58° с.ш., 33-7° з.д.)	24	2.4	0.42	3.29	1.48	3.59	127.5	48.0	2.90
Северная часть ЕЧР (55-75° с.ш., 36-57° в.д.)	21	-1.7	-0.25	1.21	-0.03	-0.12	48.5	-1.6	-0.19
Южная часть ЕЧР (40-55° с.ш., 36-57° в.д.)	7	-4.6	-1.11	0.68	-0.03	-0.15	31.1	1.2	0.15
Средняя Сибирь (55-75° с.ш., 90-107° в.д.)	18	0.4	-0.05	1.28	0.19	0.76	45.7	2.2	0.25
Юг Дальнего Востока РФ (47-55° с.ш., 99-134° в.д.)	37	8.9	0.86	1.76	0.22	0.68	44.9	-4.8	-0.68
Курильские острова (44-52° с.ш., 147-157° в.д.)	6	0	0	0.63	-0.80	-1.48	41.0	-12.7	-0.80
Северо-восток Канады (50-60° с.ш., 85-60° з.д.)	28	-2.6	-0.46	2.79	0.80	2.38	94.2	20.1	1.90
Тихий океан (45-60° с.ш., 170-193° в.д.)	42	0.3	0.04	2.12	0.18	0.63	91.6	13.1	1.20
Тихий океан (50-60° с.ш., 205-223° в.д.)	26	5.4	0.80	1.46	0.04	0.14	51.1	-8.4	-0.65

Среди рассматриваемых регионов наибольшая средняя многолетняя повторяемость циклонов наблюдалась в Северной Атлантике в районе Исландии и в Тихом океане вблизи Алеутских островов, а антициклонов - на востоке Тихого океана в широтной зоне (35-45° с.ш.) и в центре Северной Атлантики, то есть вблизи локализации центров действия атмосферы на климатических картах приземного давления.

Летом 2020 года повышенная циклоническая активность наблюдалась в Тихоокеанском секторе (45-60 с.ш., 205-223 в.д.) и на юге Дальнего Востока России. Несколько меньшие по величине положительные аномалии повторяемости циклонов отмечались в северных регионах Атлантики. Циклоны здесь отличались аномально большой площадью и глубиной: в зоне (46-58° с.ш., 33-7° з.д.) аномалии глубины превышали 2 стандартных отклонения, а аномалии площади – 3; в секторе (58-65° с.ш., 40-15° з.д.) аномалия площади также была больше стандартного отклонения.

Таблица 4 - Регионально осредненные характеристики антициклонической активности в Северном полушарии для летнего сезона 2020 г.

v – аномалия в отклонениях от среднего за период 1961-1990 гг.,

w – аномалия, нормированная на стандартное отклонение

Регион	Повторяемость			Площадь			Высота		
	F, %	vF, %	wF	A, млн км ²	vA, млн км ²	wA	D, гпм	vD, гпм	wD
Северная Атлантика (30-40° с.ш., 50-20° з.д.)	49	5.2	0.53	7.09	0.33	0.34	56.9	3.7	0.46
Северное Причерноморье (43-49° с.ш., 25-40° в.д.)	5	-5.9	-1.07	1.14	-0.16	-0.35	20.0	-3.9	-0.80
Центр ЕЧР (50-60° с.ш., 38-54° в.д.)	16	5.0	1.19	1.60	-0.22	-0.40	35.7	0.8	0.10
Юг Западной Сибири (51-59° с.ш., 60-77° в.д.)	11	1.1	0.31	2.18	0.41	0.75	42.0	4.2	0.43
Байкальский регион (48-58° с.ш., 91-110° в.д.)	13	-3.3	-0.57	0.69	-0.43	-1.49	22.4	-11.3	-1.75
Северная Америка (37-46° с.ш., 246-270° в.д.)	14	-2.6	-0.43	0.70	-0.55	-1.95	21.6	-6.1	-1.56
Охотское море (45-58° с.ш., 144-151° в.д.)	8	-0.1	-0.03	1.55	0.29	0.78	28.7	2.9	0.50
Тихий океан (35-45° с.ш., 175-200° в.д.)	23	0.4	0.05	6.27	-1.15	-0.55	57.4	-9.0	-0.68
Тихий океан (35-45° с.ш., 200-225° в.д.)	64	16.0	1.74	9.26	0.84	0.81	86.7	9.2	0.93

Значительные отрицательные аномалии повторяемости циклонов (превышающие стандартное отклонение) наблюдались в южной части европейской части России, меньшие — в северной части. Также пониженная циклоническая активность прослеживалась в районе полуострова Лабрадор, при этом площадь и глубина циклонов значительно превышали свои средние многолетние значения (нормированные аномалии составляли 2.38 и 1.90 соответственно). В районе Курильских островов отмечались наибольшие отрицательные аномалии размеров циклонов, особенно площади. Следует отметить, что в Тихоокеанском секторе (45-60° с.ш., 170-193° в.д.) глубина циклонов более чем на стандартное отклонение превышала норму.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что наибольшая аномальность антициклонической активности (аномалии повторяемости превышали стандартное отклонение) приходится на следующие регионы: Тихоокеанский сектор (35-45° с.ш., 200-225° в.д.), центр ЕЧР и северное Причерноморье. В первых двух регионах аномалии повторяемости были положительными, а в северном Причерноморье – отрицательными (здесь размеры антициклонов также не превышали норму). В Тихом океане (в зоне 35-45° с.ш., 200-225° в.д.) антициклоны отмечались большую часть сезона и сопровождалась наибольшими положительными аномалиями площади и высоты.

Наиболее крупные отрицательные аномалии площади и высоты антициклонов (составлявшие 1.5-1.9 стандартного отклонения) наблюдались в центральной части Северной Америки и в Байкальском регионе. Площадь антициклонов заметно превышала норму над Охотским морем и на юге Западной Сибири с нормированными аномалиями 0.75-0.78 (таблица 4).

На рисунках 8, 9 приведены временные ряды сезонных оценок повторяемости (отношение количества дней, когда центр циклона находился в рассматриваемом регионе к суммарному числу дней в сезоне) циклонов для регионов северного полушария. На рисунках 10, 11 представлены аналогичные временные ряды для антициклонов. Дополнительно показаны 11-летние скользящие средние, которые позволяют проследить колебания анализируемой характеристики.

В ходе повторяемости циклонов в секторе (58-65° с.ш., 40-15° з.д.) Северной Атлантики обнаруживаются колебания с максимумами в конце 1960-х и в 2000-е годы и минимумами в начале 1980-х и в 2010-х гг. (рисунок 8а). К юго-востоку отсюда, в зоне (46-58° с.ш., 33-7° з.д.) повторяемость циклонов уменьшалась с начала 1960-х годов до середины 1970-х, в последующие 35 лет наблюдался выраженный рост. В последнее десятилетие отмечается уменьшение числа циклоно-дней (рисунок 8б).

В Тихом океане в районе Алеутских островов (рисунок 8г) наблюдается рост повторяемости циклонов до середины 1980-х гг., затем почти монотонное уменьшение до конца 2000-х. В заливе Аляска (рисунок 8д) в среднем циклоны встречаются реже. Ход сглаженной кривой свидетельствует о существовании колебаний небольшой амплитуды с периодом ~20 лет. Убывание количества циклоно-дней здесь началось несколько позже – в начале 2000-х гг.

Из всех рассматриваемых регионов на Курильские острова приходится наименьшее количество дней с циклонами (рисунок 8в). Ход сглаженной кривой указывает на существование колебаний с периодом около 30 лет. В летние сезоны 2018-2019 гг. циклоническая активность здесь была близка к максимальной.

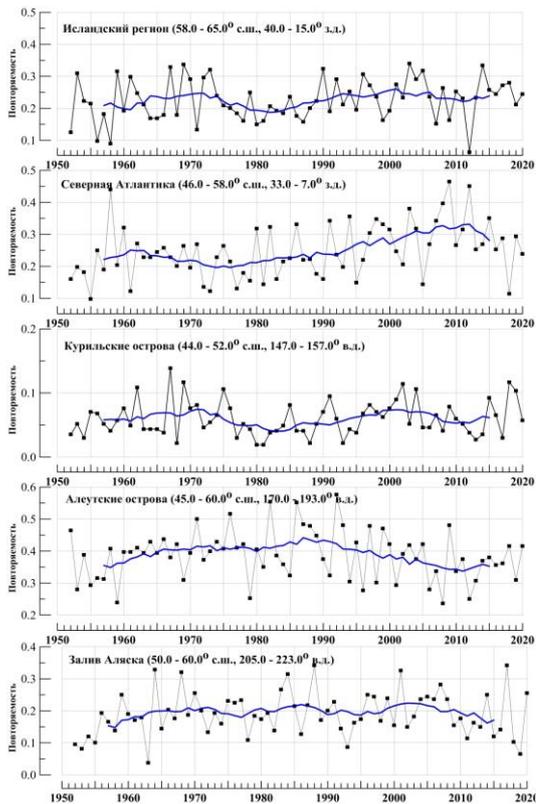


Рисунок 8 - Повторяемость циклонов летних сезонов 1951 - 2020 годов для регионов Северной Атлантики и северной части Тихого океана

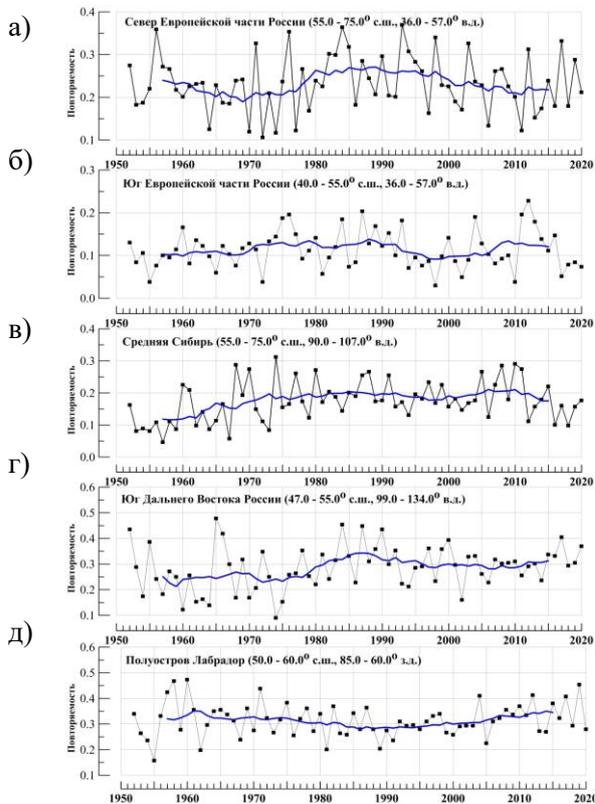


Рисунок 9 — То же в регионах Северной Евразии и Северной Америки

На севере Европейской части России в летний сезон отмечаются долгопериодные колебания повторяемости циклонов с периодом около 40 лет (рисунок 9а). В последнее десятилетие отмечается усиление циклонической активности.

В южной половине ЕЧР циклоны наблюдаются реже, и долгопериодные колебания их повторяемости выражены слабее, чем на севере (рисунок 9б). Повышенная циклоническая активность отмечалась в период с середины 1970-х до конца 1980-х. Наибольшее число циклоно-дней в сезоне было в 2012 году, после чего наметилась тенденция к их уменьшению.

В регионе Средняя Сибирь (сектор $55-75^{\circ}$ с.ш., $90-107^{\circ}$ в.д.) отмечается рост повторяемости циклонов в 1955-1975 гг., после чего выраженных тенденций не наблюдается вплоть до конца 2000-х (рисунок 9в). Последние 10 лет наблюдается некоторое ослабление циклонической активности.

Особенностью многолетних изменений повторяемости циклонической активности на юге Дальнего востока России является скачкообразный рост в период с середины 1970-х до конца 1980-х гг., после чего выраженных тенденций не наблюдается (рисунок 9г).

В Северной Америке в районе полуострова Лабрадор изменения повторяемости циклонов характеризуются слабым убыванием с начала 1960-х до середины 1980-х гг. и последующим таким же слабым ростом, продолжающимся до настоящего времени (рисунок 9д).

В центральной части Северной Атлантики (рисунок 10а) долгопериодные тенденции характеризуются резким ослаблением антициклонической активности с середины 1960-х годов до середины 1970-х и последующим столь же резким ростом до середины 1990-х. В 2010-е гг. вновь наметилась тенденция к увеличению числа антициклоно-дней.

Изменения повторяемости антициклонов над акваторией Охотского моря (рисунок 10б) характеризуются тенденцией к уменьшению (с некоторым замедлением в 1980-е годы) во второй половине 20-го века и отсутствием долгопериодных тенденций в последние 20 лет.

В регионах, расположенных над акваторией Тихого океана (рисунки 10в, 10г), выраженных колебаний в рядах повторяемости антициклонов не наблюдается с начала 1980-х годов. В 1960-70-е гг. отмечались тенденции противоположного знака: в секторе $35-45^{\circ}$ с.ш., $175-200^{\circ}$ в.д. число антициклоно-дней увеличивалось, а к востоку от него (в регионе $35-45^{\circ}$ с.ш., $200-225^{\circ}$ в.д.) – уменьшалось.

На европейской части России (рисунок 11б) в рядах повторяемости антициклонов прослеживаются колебания с периодом около 30 лет. Наиболее часто летом антициклоны

отмечались в 60-е годы и в конце 1990-х гг. В последнее десятилетие наблюдается увеличение повторяемости антициклонов.

В регионе Северное Причерноморье (рисунок 11а) на всем периоде 1952-2020 гг. отмечается убывание повторяемости антициклонов, особенно заметное в 1960-х - начале 1970-х гг.

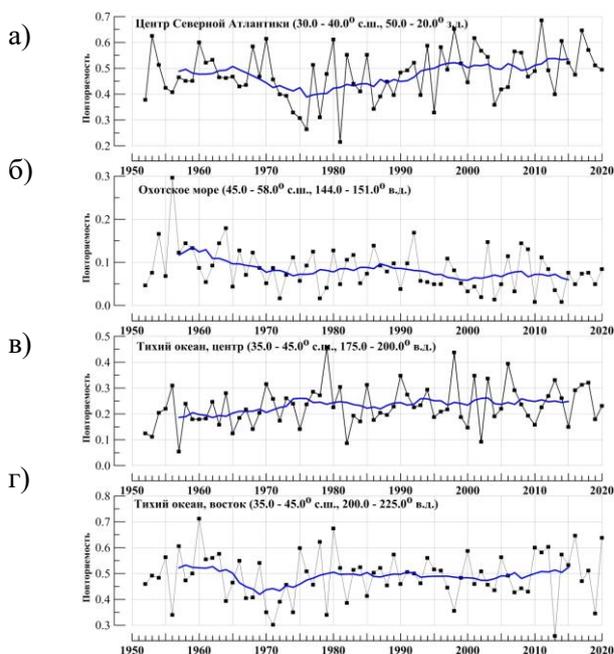


Рисунок 10 - Повторяемость антициклонов летних сезонов 1951 - 2020 годов для регионов Северной Атлантики и северной части Тихого океана

В ходе повторяемости антициклонов в Западной Сибири (рисунок 11в) обнаруживаются колебания с максимумами в конце 1980-х гг. и в начале 2010-х и минимумами в середине 1960-х годов и в начале 2000-х.

Особенностью ряда повторяемости антициклонов в Байкальском регионе (рисунок 11г) является резкое увеличение в 1950-1970-е годы и более слабое - в 1980-1990-е.

На территории Северной Америки в секторе 37-46° с.ш., 246-270° в.д. выраженных долгопериодных тенденций не наблюдается (рисунок 11д).

Можно заметить период пониженной антициклонической активности в середине 1970-х годов и период ее усиления, начавшийся в середине 2000-х. Аналогичные колебания отмечаются в центре Северной Атлантики (рисунок 10а), только там рост повторяемости антициклонов в 2000-е годы начался немного позже.

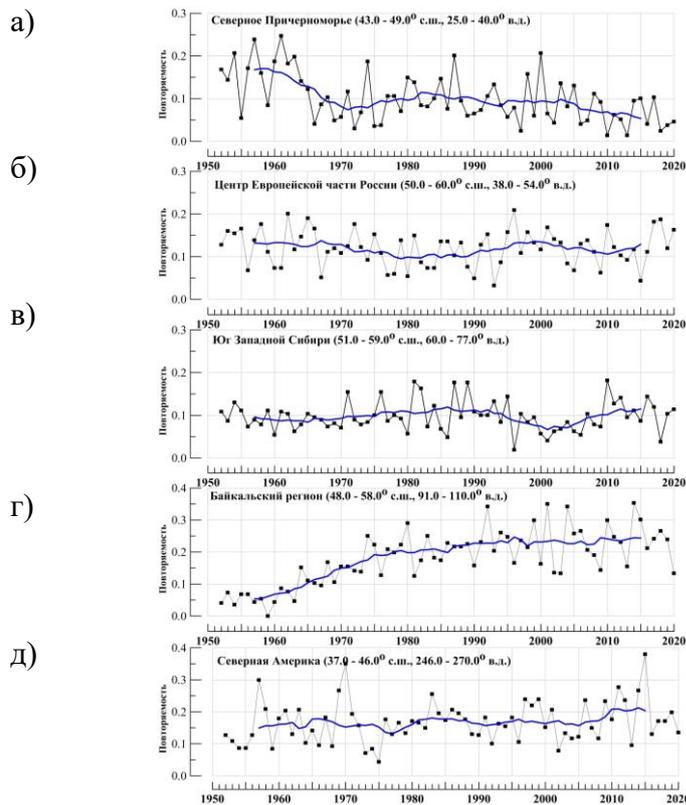


Рисунок 11 - Повторяемость антициклонов в континентальных регионах северной Евразии и Северной Америки летних сезонов 1951 - 2020 годов

Эпизоды квазистационарной антициклонической циркуляции (блокирования)

Начиная с работы Рекса (Rex 1950) эпизоды блокирования западного переноса определяются, как существующие достаточно продолжительное время малоподвижные барические системы, включающие достаточно развитый (прослеживающийся в средней тропосфере) антициклон, либо мощный гребень (см. также Обухов и др. 1984, Pelly & Hoskins 2003, Lejenas & Okland, 1983).

Здесь использован алгоритм идентификации, предложенный в (Бардин, 2007), основанный на алгоритме выделения замкнутой области повышенного (пониженного) давления в поле, производном от геопотенциала, заданного в узлах регулярной сетки, использовавшемся для идентификации циклонов и антициклонов. Если применить его не к самому полю геопотенциала, а к вихревой компоненте $H^*(f,l) = H(f,l) - E^1 H(f,l)$, то можно, наряду с замкнутыми антициклонами, также идентифицировать и описывать гребни (это преобразование переводит гребень на карте H в антициклон на карте H^* : замкнутые антициклоны при этом сохраняются).

Алгоритм определяет координаты (f, l) центра антициклона, ограниченного замкнутой изогипсой, площадь S (внутри внешней ограничивающей изогипсы), глубину D (разность значения в центре и на ограничивающей изогипсе). Теперь можно придать смысл понятию «сохранение положения» - положения антициклона за последовательные сроки должны иметь общую часть, т.е. покрывать общую географическую область (это можно записать как $\rho(\mathbf{x}_t, \mathbf{x}_{t+1}) < r_t + r_{t+1}$, где ρ - расстояние, \mathbf{x}_t - радиус-вектор центра антициклона в момент t , $r_t = (\pi^{-1} S_t)^{1/2}$ - его средний радиус). Этого, однако, недостаточно, чтобы антициклон «блуждал» в окрестности некоторого среднего положения: он может дрейфовать в одном направлении, уходя далеко от начального положения. Чтобы избежать этого, надо потребовать, чтобы центр антициклона не удалялся значительно от среднего положения за предыдущие сроки. Окончательно критерий принимает следующий вид (рис.12):

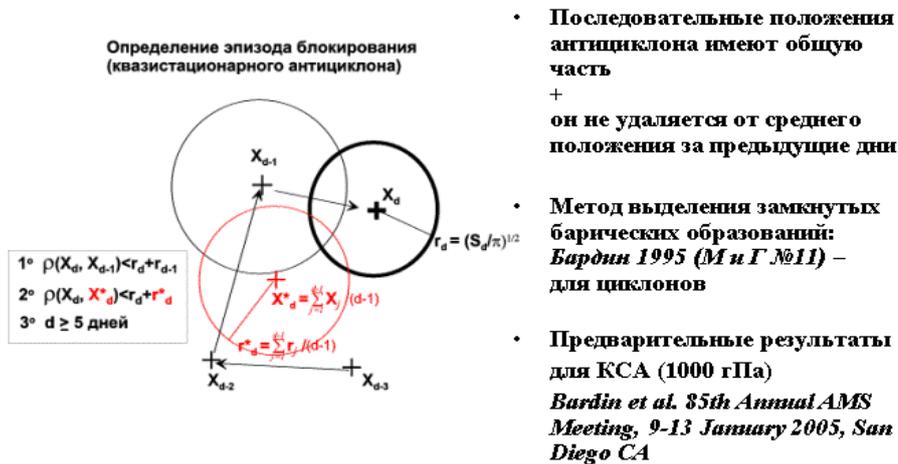


Рисунок 12 — К определению эпизода антициклонической квазистационарной циркуляции

Для расчета исторического ряда эпизодов антициклонической квазистационарной циркуляции (АКЦ) были использованы данные реанализа NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996) за 4 срока (00, 06, 12, 18 UTC), с критерием минимальной продолжительности 20 сроков. Для каждого эпизода файл содержит время (г, м, д, ч) начала и окончания; среднее положение центра (долгота, широта); за каждый срок положение, значение H^* в центре; «интенсивность» (разность значения в центре и крайней изолинии H^* ; площадь; а также минимальное, максимальное и среднее значение этих характеристик за время существования.

В таблице 5 показаны характеристики всех эпизодов АКЦ, наблюдавшихся на территории РФ зимой 2019/20 и летом 2020 года.

Полное отсутствие блокирующих антициклонических образований в январе-феврале 2020 г. способствовало формированию исключительной положительной аномалии в эти месяцы и в целом за зимний сезон (максимальная аномалия с 1936 г.: +5.00°C, на 1.5°C выше предыдущего максимума 2015г. (Доклад 2020)). В декабре заток арктического воздуха по северной и восточной периферии двух последовательных антициклонических образований в АЧР (с центрами на 80-90° в.д.), существовавших в сумме почти половину месяца, способствовал формированию холодной аномалии между 100-140° в.д.

Летом три АКЦ на севере АЧР в июне способствовали формированию крупной положительной аномалии в полярных и приполярных районах (рис. 14), проявившейся и на сезонной карте. На северо-востоке сформировалась также область серьезного дефицита осадков (до 20% нормы). В июле обширная область аномалии температуры и дефицита осадков образовалась благодаря мощному эпизоду АКЦ, наблюдавшемуся по обе стороны от Урала 11-16.07; эпизод 21-29.07 на севере способствовал формированию положительной аномалии вдоль побережья СЛО от Кольского п-ова до Таймыра. В августе в АЧР основную роль играли северные эпизоды 13-18 и 22-28 числа, из которых первый способствовал непосредственному прогреву воздуха на севере Средней Сибири и блокировал холодные вторжения с северо-запада, а второй, наряду с этим, доставлял по северо-восточной периферии арктический воздух на восток ДФО.

Таблица 5 — Эпизоды АКЦ на территории РФ зимой 2019/20 и летом 2020 года. Показаны средние координаты центра (l, f), средняя площадь EA и максимальная mA за время существования эпизода (млн. кв. км)

ЕЧР					АЧР				
зима									
Дата (нач-оконч)	l	f	EA	mA	Дата (нач-оконч)	l	f	EA	mA
11.12-18.12	54	61	5.6	9.0	1.12-6.12	89	56	4.3	9.3
					8.12-13.12	79	54	4.1	10.4
лето									
			22.5-03.6	65	49	4.8	10.8		
			04.6-13.6	60	57	5.4	12.1		
					30.5-06.6	117	64	0.7	1.4
					16.6-22.6	146	67	0.7	1.4
					22.6-01.7	125	70	3.8	9.5
			11.7-16.7	63	54	4.9	12.0		
			21.7-29.7	50	70	1.7	3.7		
					21.7-27.7	155	66	4.7	10.0
21.8-26.8	41	57	2.7	3.8	13.8-18.8	97	75	0.7	2.2
					22.8-28.8	107	66	2.0	5.0

Примечание: выделены АКЦ, захватывающие территории как в ЕЧР, так и в АЧР

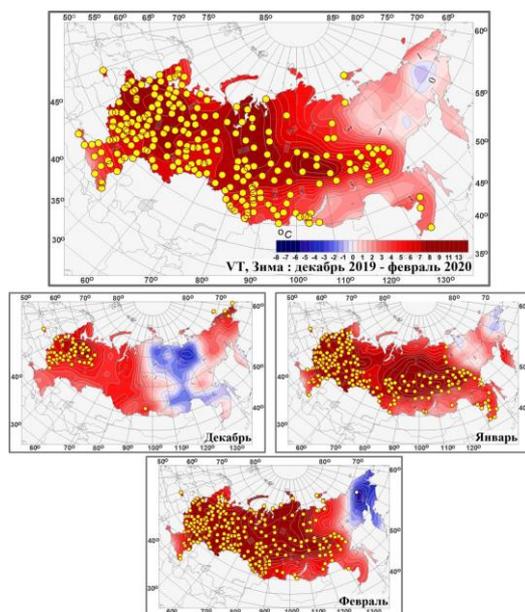


Рисунок 13 - Аномалия температуры воздуха у поверхности зимой 2019/20гг. (базовый период расчета норм 1961-1990). Желтые кружки — аномалии выше 95-го перцентиля (перцентиля рассчитаны за период с 1936 г.). Источник: бюллетень «Изменения климата России» http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=32&Itemid=75&lang=ru

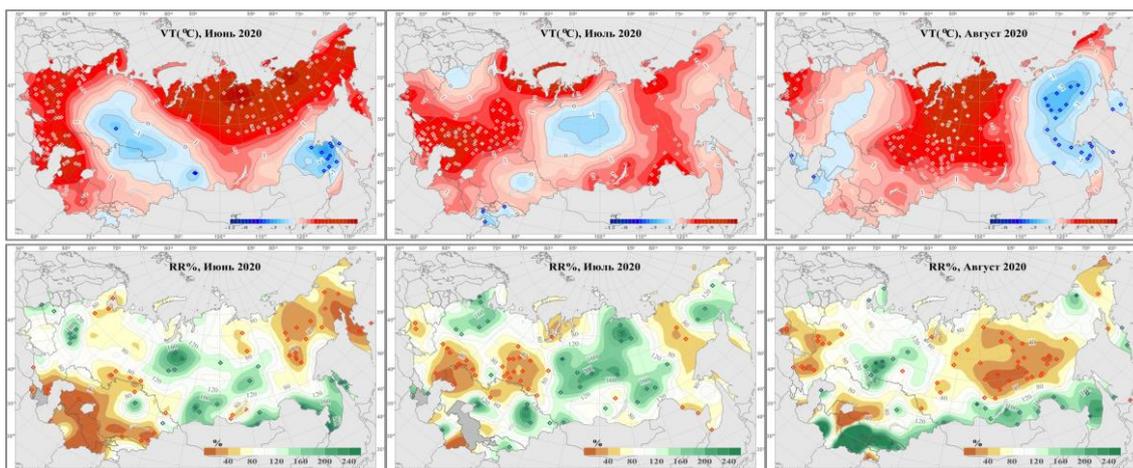


Рисунок 14 — Поля аномалий среднемесячной температуры воздуха (°С, сверху) и месячных сумм осадков (% от нормы, внизу) в июне-августе 2020 г. Ромбами указано местоположение 10%-ых экстремумов обоих знаков, залитыми ромбами выделены «рекордные» значения (выше локального минимума/максимума за период 1936 – 2019 гг.). Источник: <http://seakc.meteoinfo.ru/climatemonitoring/climatmonitr>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Бардин М.Ю. Антициклоническая квазистационарная циркуляция и ее влияние на аномалии и экстремумы температуры воздуха в западных областях России // Метеорология и гидрология. 2007, № 2. С. 5-18.

Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф. Особенности изменчивости циклонической активности умеренных широт Северного полушария, связанные с ведущими модами атмосферной циркуляции в Атлантико – Европейском секторе // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2015, №2, с. 14-40.

Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф. Изменчивость антициклонической активности в умеренных широтах Северного полушария // *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2019, №3, с.32-58

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год — Росгидромет, 2021, 104 с.

Обухов А.М., Курганский М.В., Татарская М.С. Динамические условия возникновения засух и других крупномасштабных погодных аномалий – *Метеорология и гидрология*, 1984, №10, с. 5-14

Kalnay et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // *Bull. Amer. Meteor. Soc.*- 1996. - Vol. 77. - P. 437-470.

Lejenas H., Okland H., Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data - *Tellus*, 1983, 35A, p.350-360

Pelly J.L., Hoskins J.B. A new perspective on blocking – *J.Atmos.Sci.* 2003, 60, p.734-755

Rex D.F. Blocking action in the middle troposphere and its effect on regional climate II: The climatology of blocking action – *Tellus*, 1950, 3, p.275-301