

Циклоническая и антициклоническая активность на территории Северного полушария в 2021 году

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем обзоре представлен анализ аномальности некоторых характеристик циклонической и антициклонической активности, наблюдавшейся во внетропической зоне северного полушария зимой и летом 2021 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 1952-2021 гг. для рассматриваемых сезонов.

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. Отметим, что набор регионов различен для циклонов и антициклонов и для различных сезонов.

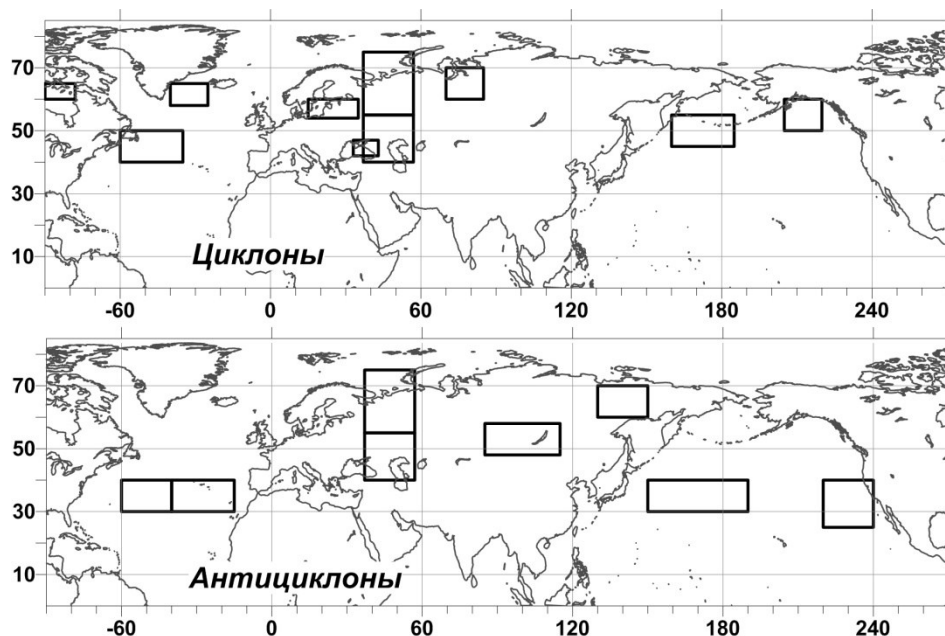


Рисунок 1 - Схема регионов для мониторинга циклонической и антициклонической активности (зимний сезон)

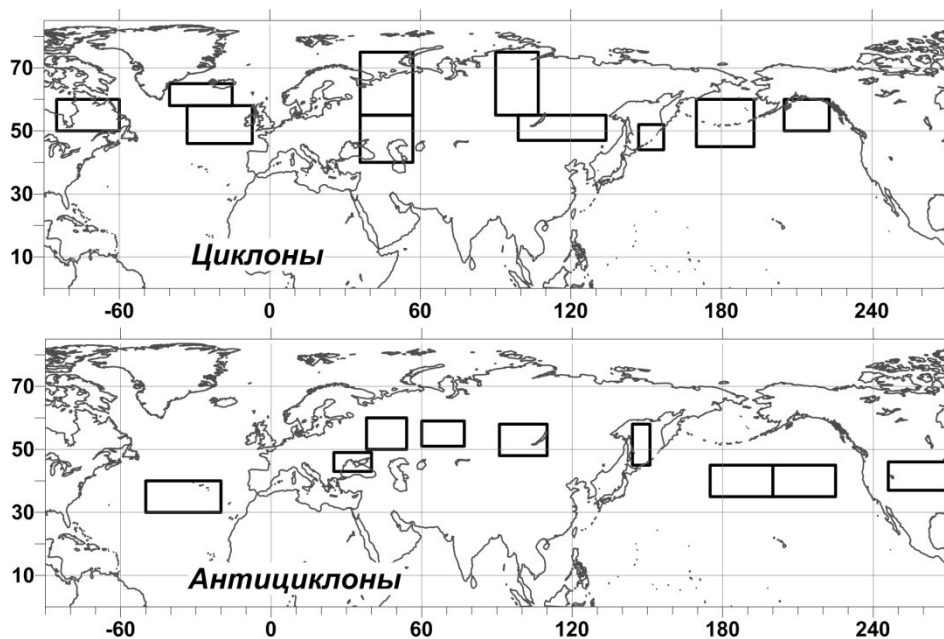


Рисунок 2 - Схема регионов для мониторинга циклонической и антициклонической активности (летний сезон)

Повторяемость рассчитывается как число циклоно(антициклоно)-дней, деленное на количество дней в сезоне центров циклонов/антициклонов, попавших в заданный регион, 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.

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.

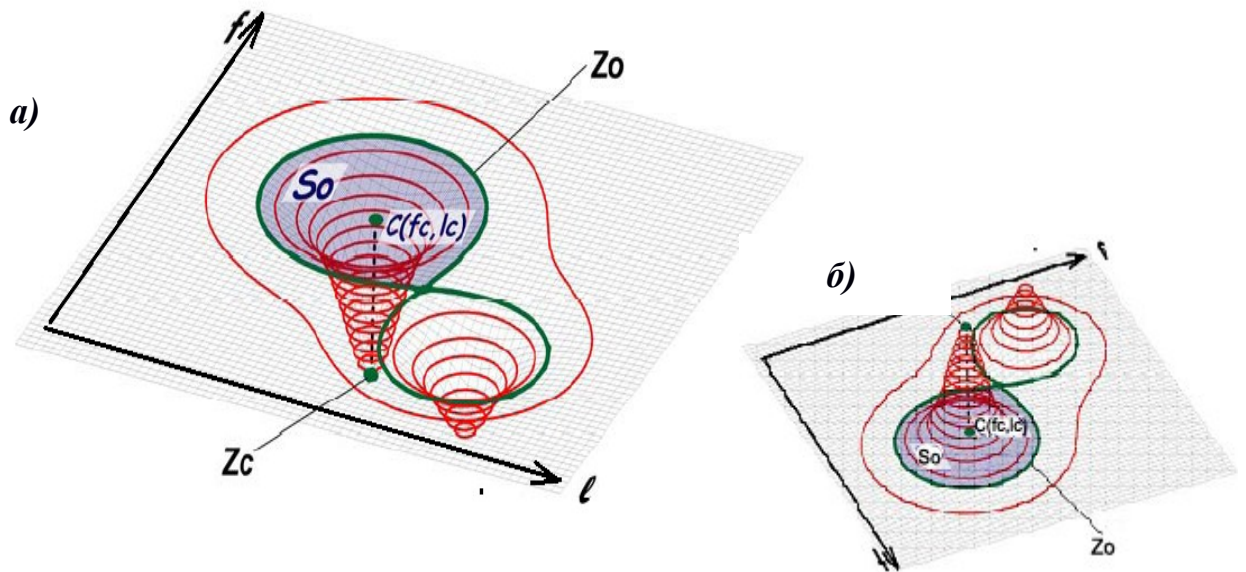


Рисунок 3 - Схема к определению циклонической области по данным барической топографии (а); то же для антициклонической области (б).

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 [1] за 4 срока с 1951 года; сетка 2.5x2.5 градуса.

В таблице 1 приведены осредненные по выбранным регионам значения и аномалии повторяемости, глубины и площади циклонов для зимы 2020/21 гг. Аналогичные характеристики для антициклонов приведены в таблице 2.

Зимой 2020/21 гг. повторяемость циклонов в большинстве регионов была выше нормы (табл. 1). Довольно интенсивная циклоническая активность наблюдалась в Северной Атлантике в секторе 40-50 с.ш., 35-60 з.д. и в Тихом океане (45-55° с.ш., 160-185° в.д.), где значения аномалий повторяемости почти в 2 раза превышали стандартные отклонения. При этом в Тихоокеанском секторе циклоны были значительно более глубокие и обширные, чем обычно (нормированная аномалия глубины составила +2.54).

В секторе 58-65 с.ш., 25-40 з.д. Атлантического океана, напротив, количество циклонов было меньше нормы (среднего за 1961-1990 гг.) и характеризовались они значительно меньшей по сравнению с нормой площадью и глубиной (соответственно, на 1.47 и на 1.39 стандартных отклонения).

Таблица 1 - Регионально осредненные характеристики циклонической активности в Северном полушарии для зимнего сезона 2020/21 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.)	34	11.5	2.33	2.19	-0.04	-0.05	144.0	16.8	0.66
Северная Атлантика (58-65° с.ш., 25-40° з.д.)	13	-5.6	-1.00	1.34	-0.75	-1.47	98.3	-36.1	-1.39
Северная часть ЕЧР (55-75° с.ш., 37-57° в.д.)	22	-3.4	-0.42	1.49	-0.09	-0.26	62.9	-13.8	-1.15
Южная часть ЕЧР (40-55° с.ш., 37-57° в.д.)	12	-1.6	-0.31	2.30	1.04	3.97	73.6	22.8	2.56
Прибалтика (54-60° с.ш., 15-35° в.д.)	11	2.4	0.71	1.50	-0.08	-0.11	67.4	-9.5	-0.34
Причерноморье (42-47° с.ш., 33-43° в.д.)	2	0.4	0.25	1.12	-0.43	-0.50	45.0	-11.4	-0.36
Обская губа (60-70° с.ш., 70-85° в.д.)	12	1.6	0.40	1.79	0.30	0.47	74.4	5.6	0.24
Северная Америка (60-65° с.ш., 78-90° з.д.)	13	4.0	0.87	1.66	0.50	0.90	96.2	38.9	2.08
Тихий океан (45-55° с.ш., 160-185° в.д.)	43	9.7	1.96	4.38	0.60	1.00	217.7	53.5	2.54
Тихий океан (50-60° с.ш., 205-220° в.д.)	29	3.4	0.53	3.14	0.52	0.75	152.3	27.0	1.32

В континентальных регионах повторяемость циклонов незначительно отличалась от нормы. Наибольшие положительные аномалии, не превышавшие одного стандартного отклонения, отмечались в Северной Америке (60-65° с.ш., 78-90° з.д.) и в Прибалтике (54-60° с.ш., 15-35° в.д.). В ЕЧР циклоническая активность была относительно слабой, и размеры вихрей в северной части (55-75° с.ш., 37-57° в.д.) также были ниже нормы, особенно глубина. Однако в южной части ЕЧР циклоны отличались необычно большими размерами: аномалии площади и глубины превышали стандартное отклонение в 3.97 и в 2.56 раза соответственно. Очень глубокие циклоны наблюдались также в Северной Америке в секторе 60-65° с.ш., 78-90° з.д.) с нормированной аномалией +2.08.

Повторяемость антициклонов превышала средние многолетние значения во всех регионах Северного полушария, за исключением юга Сибири и Северо-востока России (табл. 2). Наиболее интенсивная антициклоническая активность отмечалась в Тихом океане в секторе 25-40 с.ш., 220-240 в.д. (нормированная аномалия составила +1.86) и южной части ЕЧР (нормированная аномалия +2.56). Однако размеры антициклонов в этих регионах были меньше нормы, особенно на суше. Площадь и высота антициклонов в большинстве регионов были близки к норме с преобладанием отрицательных аномалий.

Таблица 2 - Регионально осредненные характеристики антициклонической активности в Северном полушарии для зимнего сезона 2020/21 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 (30-40° с.ш., 40-15° з.д.)	29	4.3	0.44	4.98	-0.62	-0.71	61.2	-0.6	-0.06
Северная Атлантика (30-40° с.ш., 60-40° з.д.)	12	2.2	0.55	4.51	0.04	0.04	57.4	4.5	0.36
Северная часть ЕЧР (55-75° с.ш., 37-57° в.д.)	10	3.3	0.74	3.40	0.96	0.64	66.0	13.1	0.59
Южная часть ЕЧР (40-55° с.ш., 37-57° в.д.)	21	10.9	2.56	1.28	-0.95	-1.04	30.6	-13.8	-1.01
Юг Сибири (48-58° с.ш., 85-115° в.д.)	26	-2.9	-0.38	3.74	-0.03	-0.03	70.1	-2.5	-0.17
Северо-восток РФ (60-70° с.ш., 130-150° в.д.)	8	-7.6	-0.66	0.47	-0.29	-0.60	16.2	-11.0	-1.53
Тихий океан (25-40 с.ш., 220-240° в.д.)	41	15.1	1.86	2.63	-0.10	-0.15	35.0	-1.9	-0.26
Тихий океан (30-40° с.ш., 150-190° в.д.)	23	6.7	0.86	3.34	-0.22	-0.27	51.9	2.2	0.21

Значительная отрицательная аномалия для высоты (1.5 стандартных отклонения) отмечалась на Северо-востоке РФ.

В таблице 3 приведены осредненные по выбранным регионам значения и аномалии повторяемости, глубины и площади циклонов для лета 2021 г. Аналогичные характеристики для антициклонов приведены в таблице 4.

В течение лета в большинстве рассматриваемых регионов повторяемость циклонов незначительно отличалась от нормы: нормированные аномалии не превышали стандартного отклонения. Наиболее существенные положительные отклонения повторяемости циклонов от нормы отмечались в южной части ЕЧР (нормированная аномалия +1.31), при этом мощность циклонов здесь была заметно меньше нормы (табл. 3). Следует отметить, что центры циклонов на этой территории обычно наблюдаются достаточно редко.

Пониженная (по сравнению с нормой) циклоническая активность наблюдалась на Северо-востоке Канады и на севере ЕЧР с аномалиями около одного стандартного отклонения.

Площадь и глубина циклонов в основном были меньше нормы, особенно в районе Курильских островов и в Тихом океане в секторе 50-60° с.ш., 205-223° в.д.

Таблица 3 - Регионально осредненные характеристики циклонической активности в Северном полушарии для летнего сезона 2021 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.)	17	-4.9	-0.82	1.24	-0.39	-1.31	82.2	-0.8	-0.06
Северная Атлантика (46-58° с.ш., 33-7° з.д.)	23	1.9	0.33	1.84	0.03	0.08	77.7	-1.8	-0.11
Северная часть ЕЧР (55-75° с.ш., 36-57° в.д.)	16	-6.9	-0.98	1.15	-0.09	-0.37	52.4	2.3	0.28
Южная часть ЕЧР (40-55° с.ш., 36-57° в.д.)	17	5.4	1.31	0.46	-0.26	-1.31	16.7	-13.2	-1.65
Средняя Сибирь (55-75° с.ш., 90-107° в.д.)	21	2.9	0.44	0.96	-0.13	-0.53	37.5	-6.0	-0.69
Юг Дальнего Востока РФ (47-55° с.ш., 99-134° в.д.)	34	5.6	0.55	1.59	0.05	0.16	50.4	0.7	0.10
Курильские острова (44-52° с.ш., 147-157° в.д.)	5	-0.5	-0.18	0.79	-0.65	-1.20	32.6	-21.0	-1.32
Северо-восток Канады (50-60° с.ш., 85-60° з.д.)	24	-6.2	-1.06	1.79	-0.19	-0.58	68.1	-6.0	-0.56
Тихий океан (45-60° с.ш., 170-193° в.д.)	42	0.5	0.08	2.28	0.34	1.18	78.3	-0.3	-0.02
Тихий океан (50-60° с.ш., 205-223° в.д.)	20	0.2	0.04	0.79	-0.62	-1.95	43.7	-15.7	-1.23

Летний сезон 2021 года характеризовался повышенной антициклонической активностью во всех регионах, кроме Северного Причерноморья (табл. 4). В регионах «Юг Западной Сибири» и в Байкальском значения аномалий повторяемости антициклонов в 2.44 и 3.18 раза превышали свои стандартные отклонения. При этом в Байкальском регионе параметры вихрей были меньше обычного.

Антициклоническая интенсивность в Тихоокеанском секторе 35-45° с.ш., 175-200° в.д. незначительно превышала норму, однако здесь антициклоны оказались наиболее мощными (по сравнению с нормой): аномалии площади и высоты вихрей составили 2 стандартных отклонения.

Наиболее крупные отрицательные нормированные аномалии площади и высоты отмечались в Северном Причерноморье (-1.39 / -1.88) и в Северной Америке (-1.62 / -1.23).

Таблица 4 - Регионально осредненные характеристики антициклонической активности в Северном полушарии для летнего сезона 2021 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.)	54	12.4	1.22	7.26	0.40	0.40	58.8	4.4	0.56
Северное Причерноморье (43-49° с.ш., 25-40° в.д.)	4	-5.5	-0.99	0.67	-0.63	-1.39	14.4	-9.9	-1.88
Центр ЕЧР (50-60° с.ш., 38-54° в.д.)	15	4.4	1.04	2.34	0.51	0.89	36.1	0.8	0.10
Юг Западной Сибири (51-59° с.ш., 60-77° в.д.)	19	9.6	2.44	2.27	0.50	0.90	39.0	1.0	0.10
Байкальский регион (48-58° с.ш., 91-110° в.д.)	34	18.7	3.18	0.86	-0.27	-0.95	28.6	-5.5	-0.86
Северная Америка (37-46° с.ш., 246-270° в.д.)	17	2.8	0.47	0.74	-0.50	-1.62	22.0	-5.4	-1.23
Охотское море (45-58° с.ш., 144-151° в.д.)	10	1.9	0.48	1.37	0.11	0.31	26.5	0.5	0.09
Тихий океан (35-45° с.ш., 175-200° в.д.)	25	3.0	0.40	11.80	4.36	2.06	94.0	27.1	2.02
Тихий океан (35-45° с.ш., 200-225° в.д.)	53	6.4	0.68	9.67	1.25	1.20	85.7	7.8	0.79

Временные ряды сезонных оценок повторяемости (отношение количества дней, когда центр циклона/антициклона находился в рассматриваемом регионе к суммарному числу дней в сезоне) циклонов/антициклонов указывают на отсутствие однонаправленных тенденций для большинства рассматриваемых регионов: в рядах прослеживаются колебания, в основном непериодические.

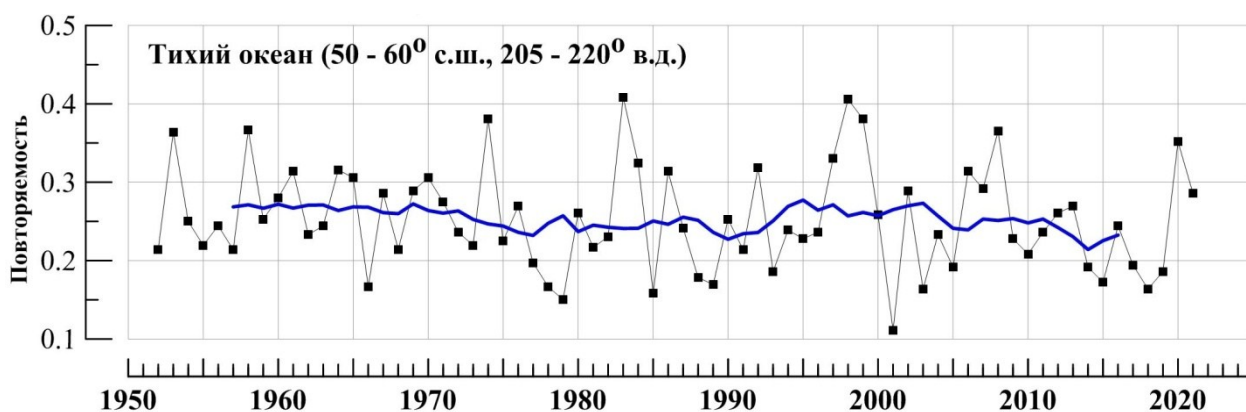


Рисунок 4 - Повторяемость циклонов (доля циклоно-дней в сезоне с центром циклона над регионом: циклоно-дни считаются с кратностью числа одновременно наблюдаемых центров) зимой для Тихого океана (50 - 60° с.ш., 205 - 220° в.д.)

Исключением являются несколько регионов, например, область Тихого океана (50-60° с.ш., 205-220° в.д.), где отмечается слабое уменьшение повторяемости циклонов в зимний сезон на всем периоде 1952-2021 гг. (рисунок 4).

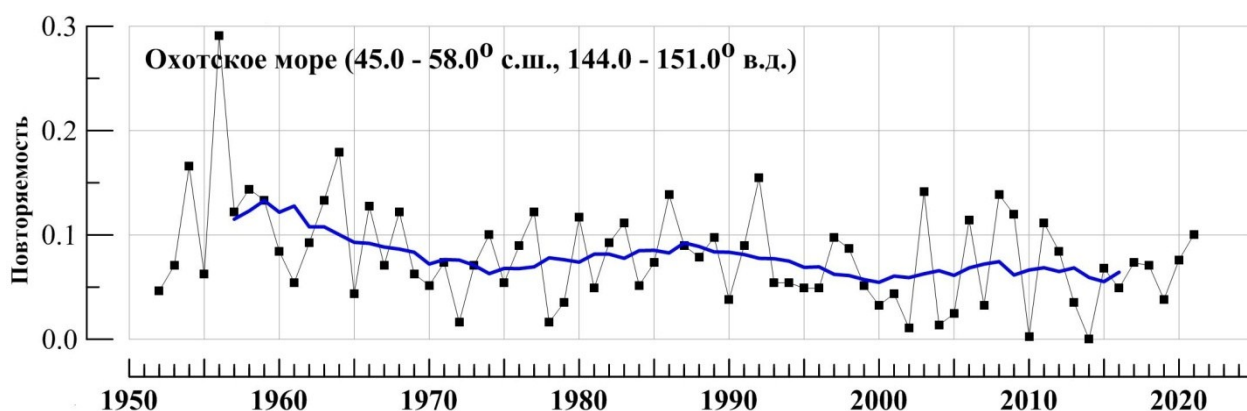


Рисунок 5 - Повторяемость антициклонов (доля антициклоно-дней в сезоне с центром антициклона над регионом: антициклоно-дни считаются с кратностью числа одновременно наблюдаемых центров) летом для акватории Охотского моря (45 - 58° с.ш., 144 - 151° в.д.)

Изменения повторяемости антициклонов в летний сезон над акваторией Охотского моря (рисунок 5) 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.

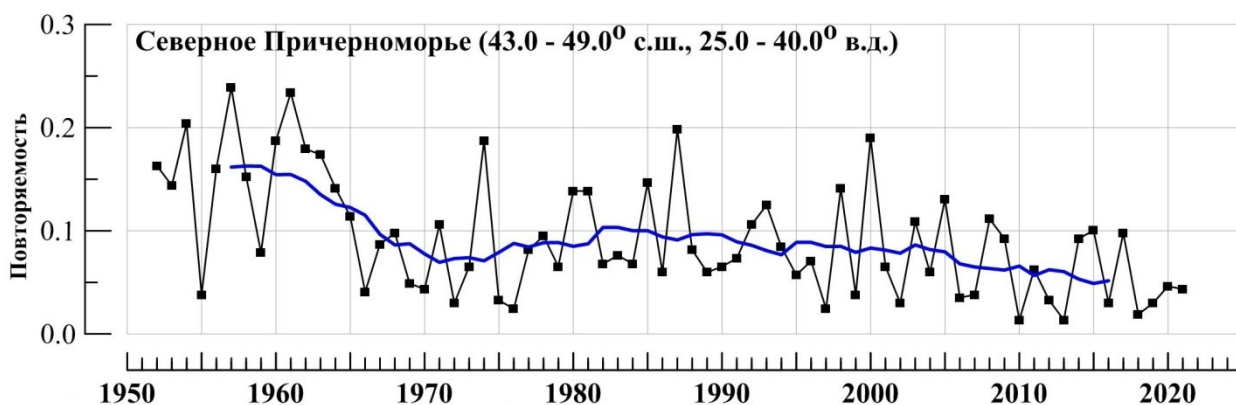


Рисунок 6 - То же, что на рис. 5 для региона Северное Причерноморье

Убывание повторяемости антициклонов, особенно заметное в 1960-х - начале 1970-х гг., отмечается в регионе Северное Причерноморье летом (рисунок 6).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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