

# ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ТРОПО- СТРАТОСФЕРЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Переведенцев Ю.П.

*Казанский федеральный  
университет*

# Посвящается 95-летию кафедры геофизики (метеорологии, климатологии и экологии атмосферы) Казанского университета

Начиная с 1733 года в период Первой Камчатской экспедиции была создана первая метеорологическая сеть России из 24 наблюдательных пунктов среди которых:

Казань, Екатеринбург, Тобольск, Томск и др.

Метеорология, как наука, в Казанском университете возникла на основе первых метеорологических наблюдений, и длительное время развивалась как одно из направлений экспериментальной физики.

Начало этим наблюдениям было положено в феврале 1805 г. при кабинете физики. Их проводили студенты под руководством адъюнкта физики (впоследствии профессора) И.И. Запольского.

С 1810 г. руководство метеорологическими наблюдениями было возложено на профессора теоретической и опытной физики Ф.К. Броннера, приглашенного в университет из Швейцарии.

# Ф.К. БРОННЕР



По его инициативе результаты наблюдений с августа 1811 г. стали публиковаться в университетской газете «Казанские известия», а с января 1812 г. наблюдения стали носить регулярный характер, что дает основание считать это событие началом функционирования Метеорологической обсерватории.

Ф.К. Броннер в 1815 г. опубликовал научную статью «Следствия из метеорологических наблюдений в Казани 1814 года», а в 1816 г. - «Водяной столб, виденный на Волге близ Казани». Тем самым были созданы условия для зарождения Казанской метеорологической школы.

С приездом в 1824 г. в Казань из Петербурга профессора физики и химии А.Я. Купфера, метеорологические наблюдения были дополнены магнитными.

Впоследствии академик А.Я. Купфер стал инициатором и организатором сети магнитных и метеорологических наблюдений, и основателем гидрометеорологической службы в России (1834), создателем и первым директором Главной физической (ныне – геофизической) обсерватории (1849).

# А.Я. КУПФЕР



После отъезда А.Я. Купфера в Петербургскую академию наук в 1829 г. функции руководителя метеорологических наблюдениями принял профессор чистой математики, ректор университета Н.И. Лобачевский.



# Н.И. ЛОБАЧЕВСКИЙ



Во второй половине XIX столетия метеорологическими и магнитными наблюдениями активно занимались

И.А. Больцани (1855-1876), Р.А. Колли (1876-1886), Н.П. Слугинов (1886-1894), Д.А. Гольдгаммер (1894-1897).

В период руководства Д.А. Гольдгаммером много внимания уделялось дальнейшему развитию наблюдательской сети: только в Казанской губернии было открыто 23 метеорологических станции.

В это же время было положено начало изданию «Трудов метеорологической сети Востока России», «Ежемесячного бюллетеня Востока России» и активному обмену этими изданиями с зарубежными метеорологическими центрами.

# Д.А. ГОЛЬДГАММЕР



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА РОССИИ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



Настоящее Почетное свидетельство удостоверяет, что  
*Метеорологическая станция Казань-университетская*  
*Республики Татарстан*  
осуществляет метеорологические наблюдения  
с 1812 г.

Результаты наблюдений входят в состав  
Государственного фонда данных  
о состоянии окружающей природной среды  
и являются достоянием  
Российской Федерации.

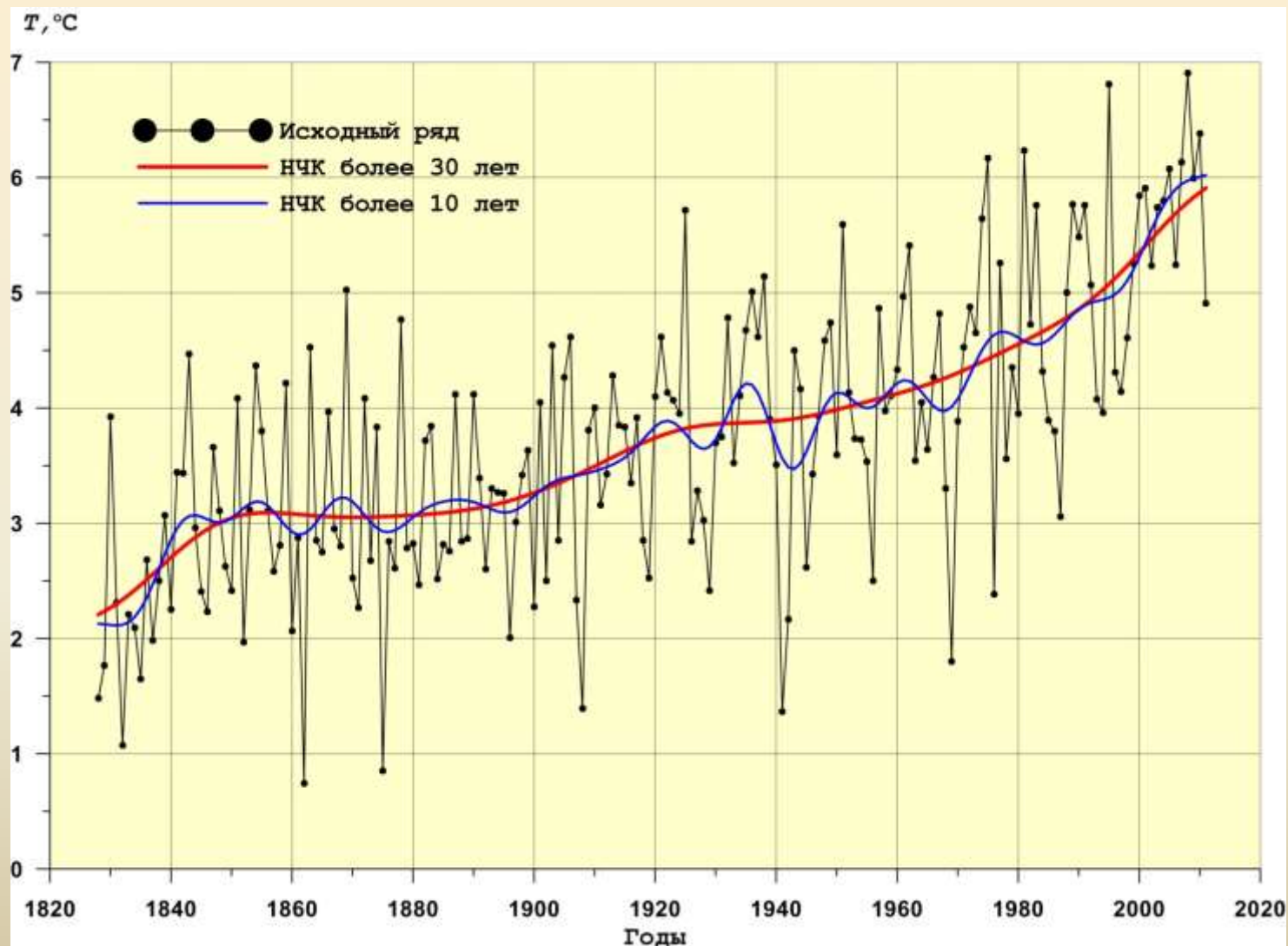
Руководитель Федеральной службы

А.И.Бедрицкий

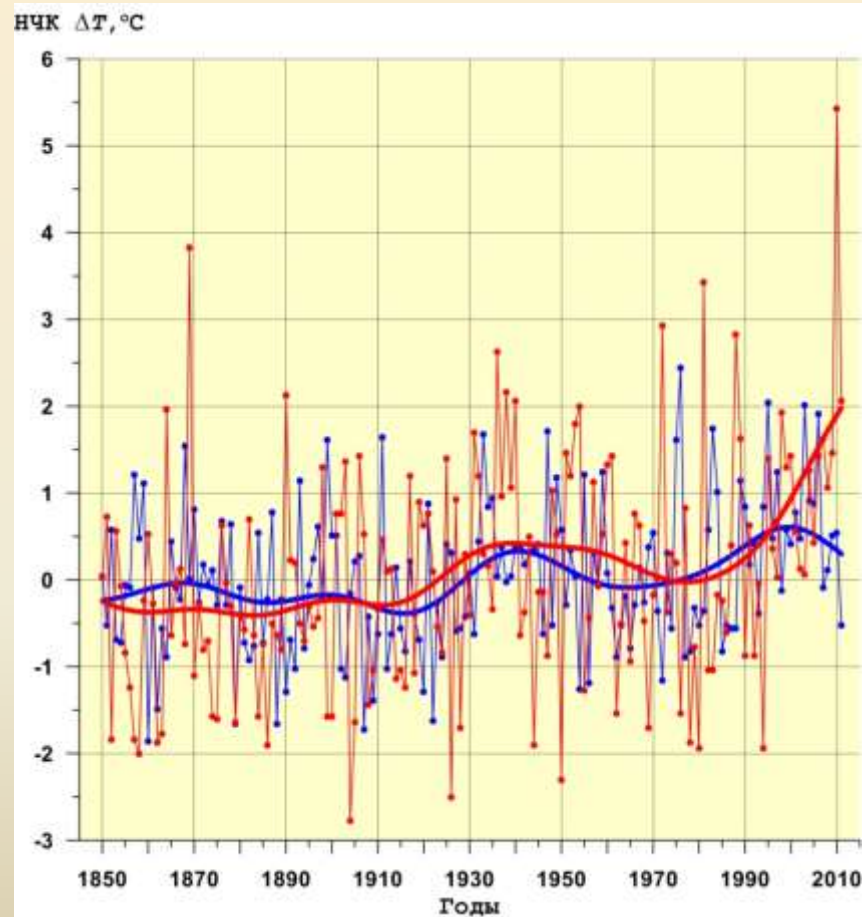
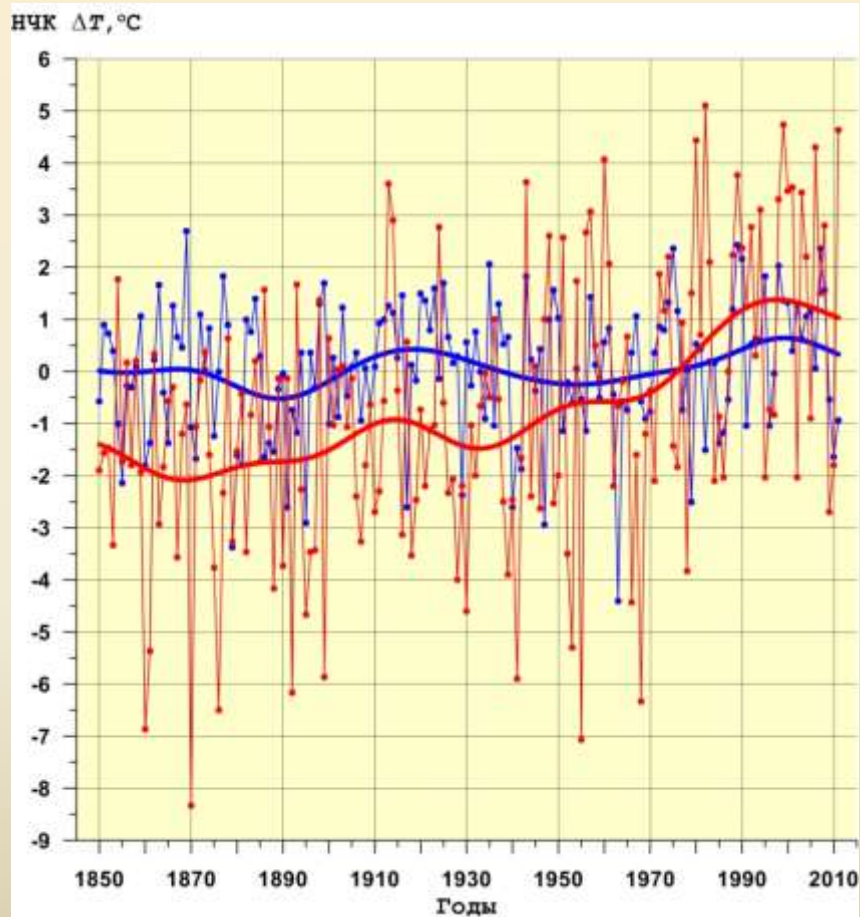
с 1 декабря 1995 года



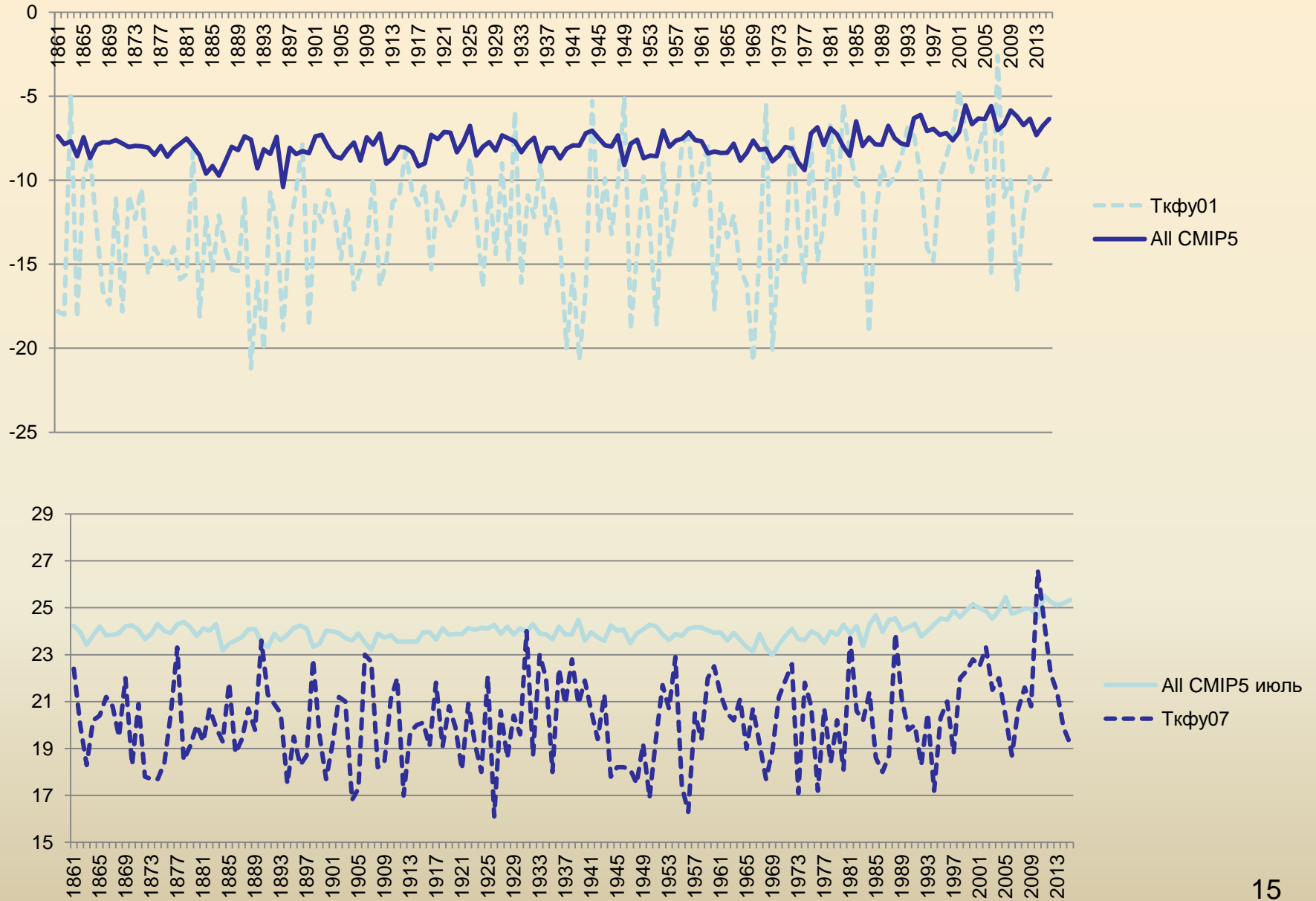
# Многолетний ход средней годовой приземной температуры воздуха в Казани.



Многолетний ход аномалий (1961-1990 гг.) средней зимней (слева) и летней (справа) приземной температуры воздуха в Центральной Англии (синяя) и Казани (красная) и НЧК с периодом более 20 лет .

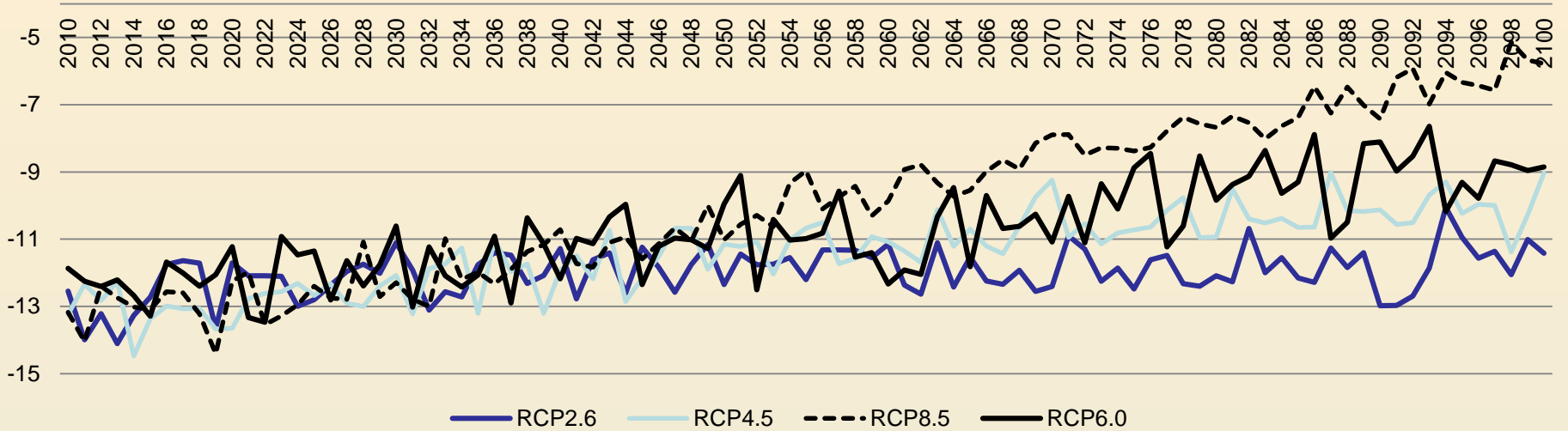


# Реконструкция температурного ряда Казани 1850-2012 гг. с помощью ансамбля моделей CMIP5

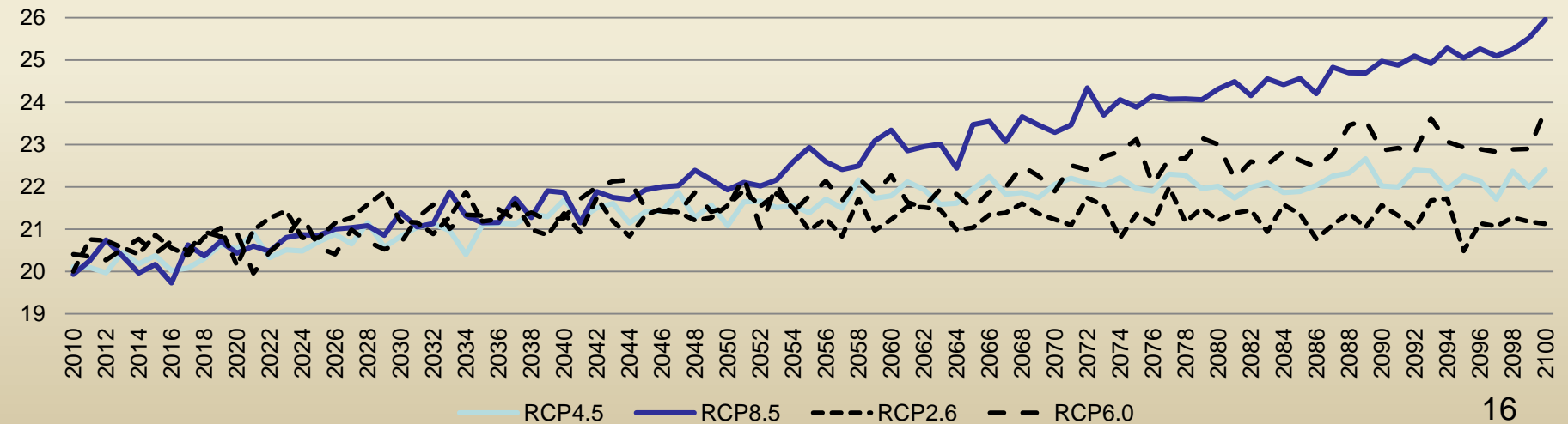


# Климатическая проекция изменения температуры в Казани до конца 21 столетия

## Январь



## Июль



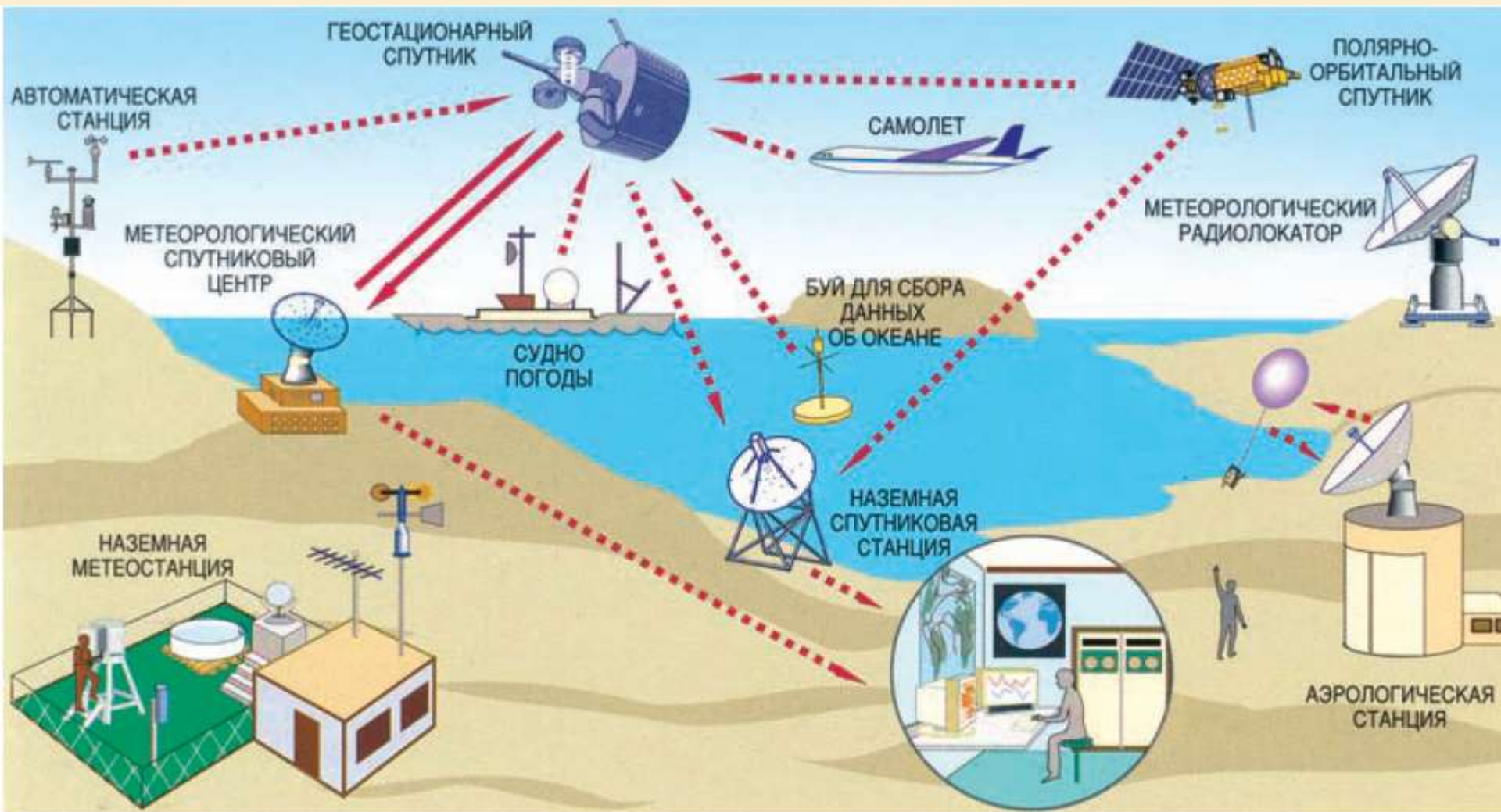


# Характерные пространственно-временные масштабы метеорологических процессов и явлений.

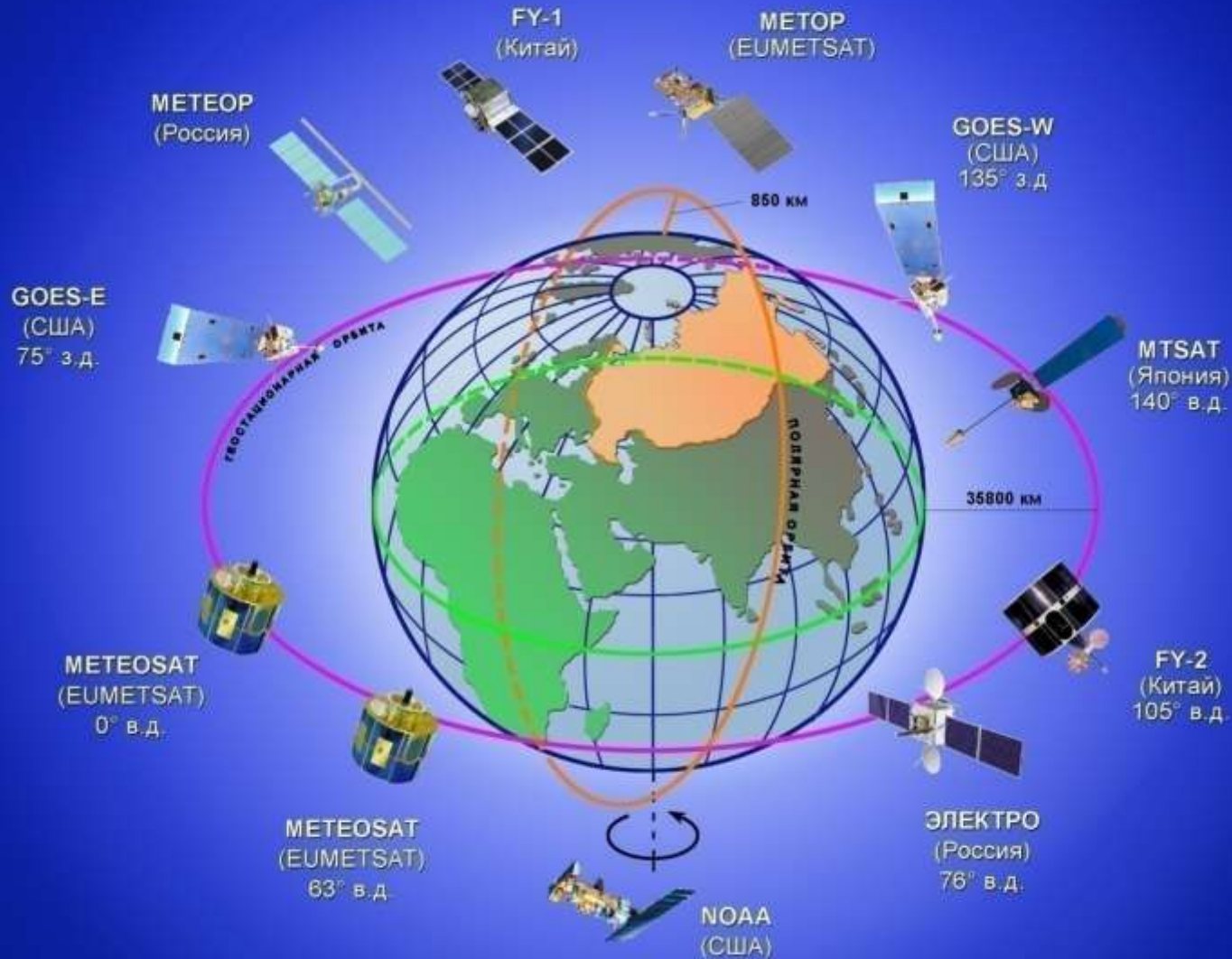
САК — североатлантическое колебание; АК — арктическое колебание; ОМД — осцилляция Маддена-Джулиана. Черной стрелкой показано направление переноса кинетической энергии и импульса по спектру атмосферных движений.



# Глобальная система наблюдений



# МЕЖДУНАРОДНАЯ ГРУППИРОВКА МЕТЕОСПУТНИКОВ



# Исходные материалы

Использовались временные ряды средних месячных значений температуры воздуха и атмосферного давления в узлах регулярной широтно-долготной географической сетки за период 1900-2016 гг., подготовленные Отделом климатических исследований университета Восточной Англии.

Данные трех вариантов реанализа NCEP-NCAR1 (1948 – 2014 гг.), NCEP-DOE2 (1979 – 2016 гг.) и ERA-Interim (1979 – 2016 гг.).

А также данные наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками на 214 станциях Приволжского федерального округа и сопредельных территорий (1966 – 2009 гг.).

# Методика исследования

Выполнялось осреднение исследуемых метеорологических величин по всему полушарию, широтным зонам и отдельным регионам Северного полушария.

Долгопериодные колебания метеовеличин в полученных временных рядах исследовались с помощью тренд анализа и низкочастотной цифровой фильтрации.

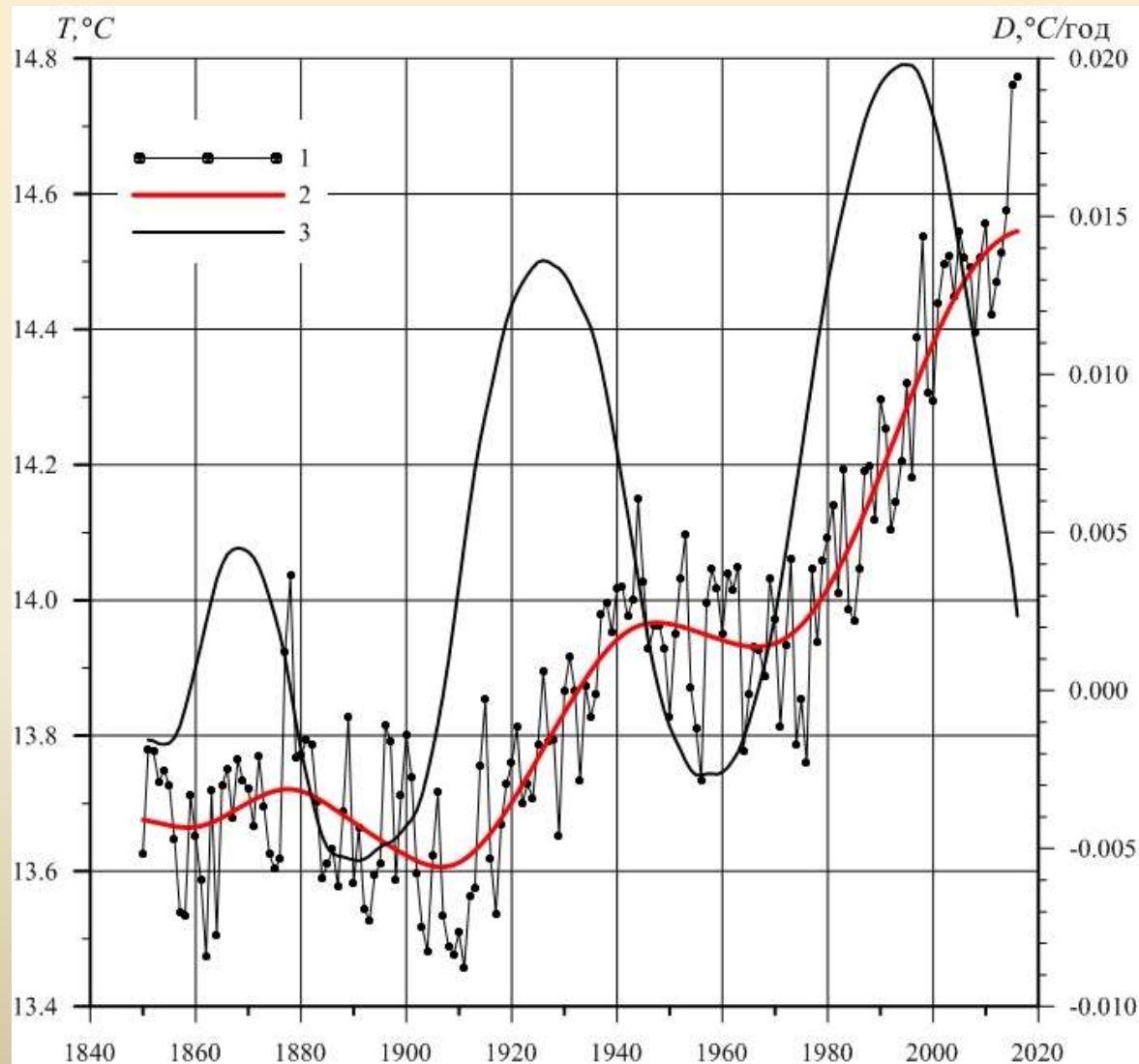
# Методика исследования

Корреляционный анализ был применен как с целью установления тесноты связей, так и оценки сходства временных рядов. Кроме того сходство полей метеорологических величин определялось с помощью критерия аналогичности  $\rho$ .

С использованием метода композитов оценивалось влияние ряда циркуляционных колебаний на термический режим Северного полушария.

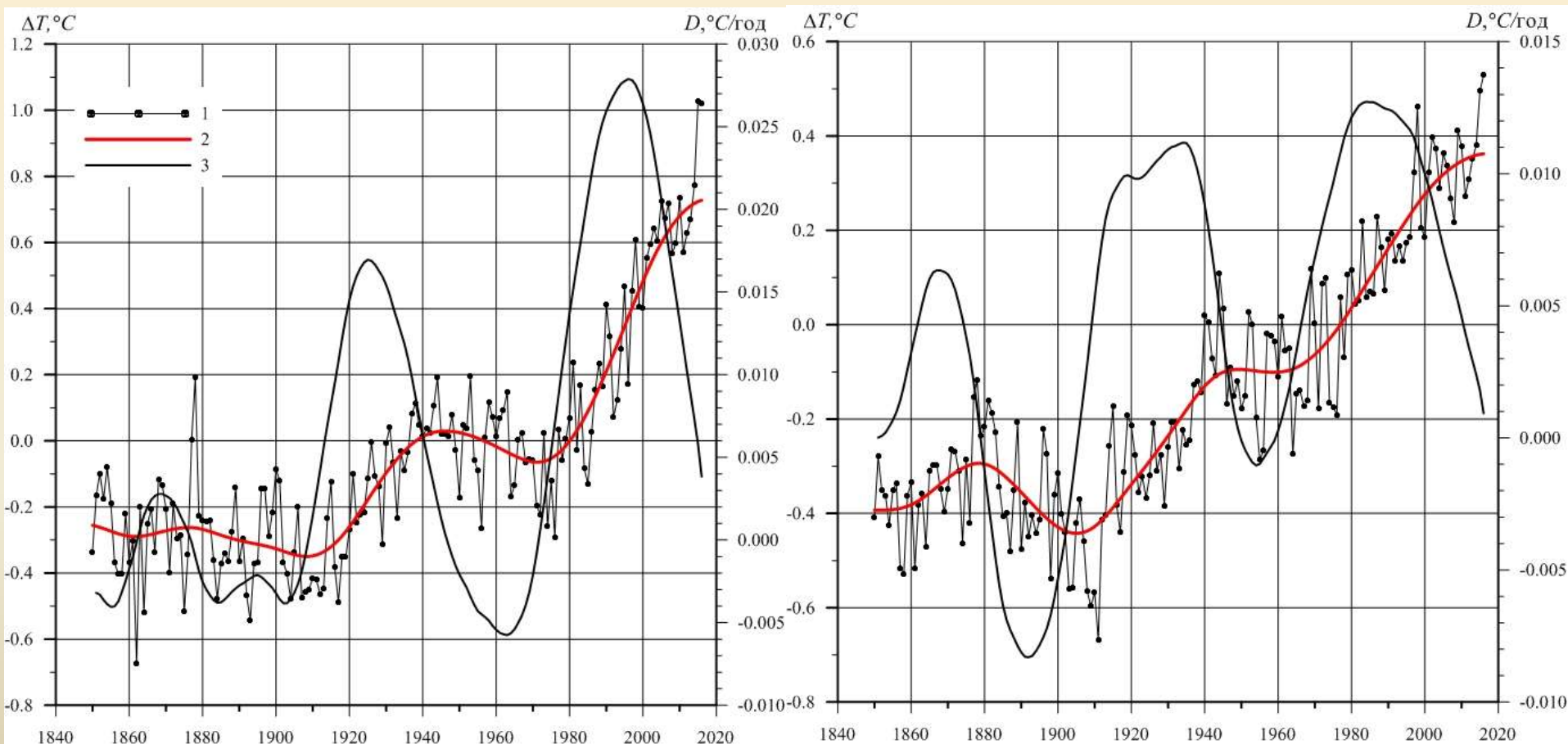
# Многолетний ход приповерхностной глобальной средней годовой температуры и скорости ее изменения 1850 – 2016 гг.

1- исходный ряд, 2- НЧК с периодом более 30 лет, 3- скорость изменения



# Многолетний ход аномалий (1961-1990 г.) приповерхностной средней годовой температуры северного и южного полушария и скорости ее изменения 1850 – 2016 г.

1- исходный ряд, 2- НЧК с периодом более 30 лет, 3- скорость изменения

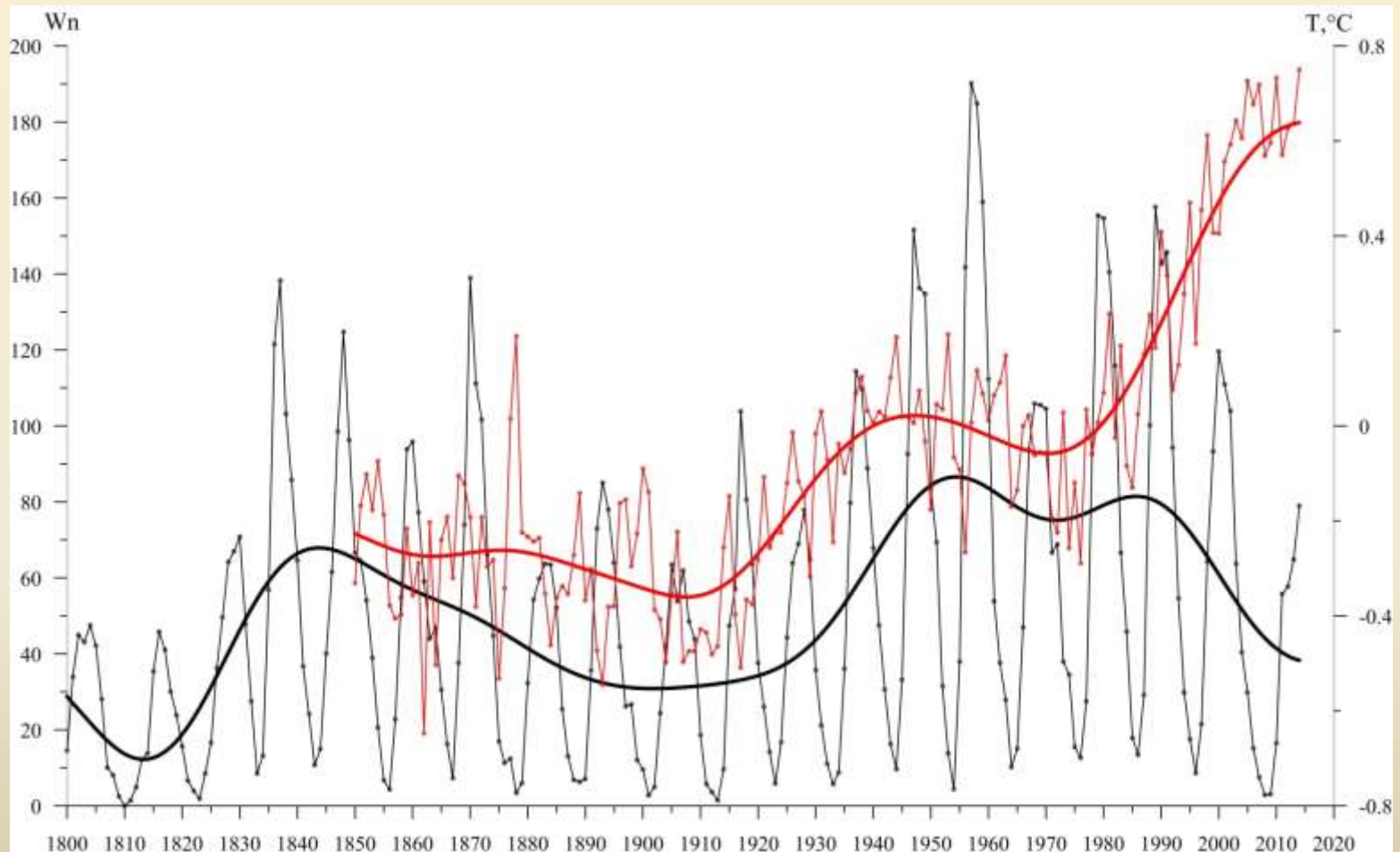


Северное полушарие

Южное полушарие

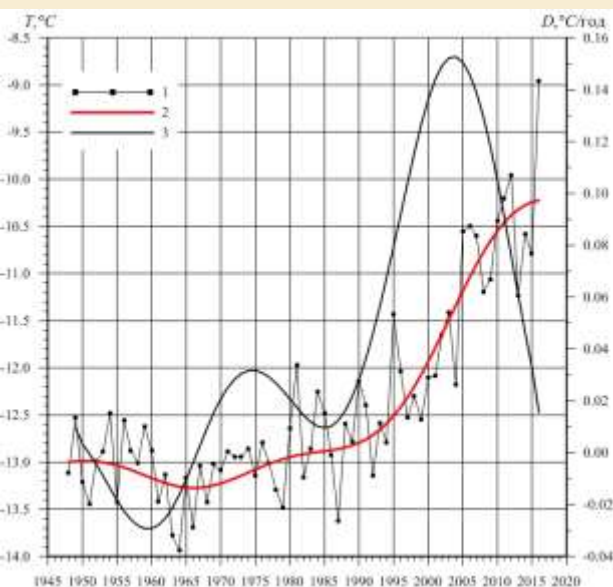


# Многолетний ход чисел Вольфа и аномалий средней годовой температуры Северного полушария

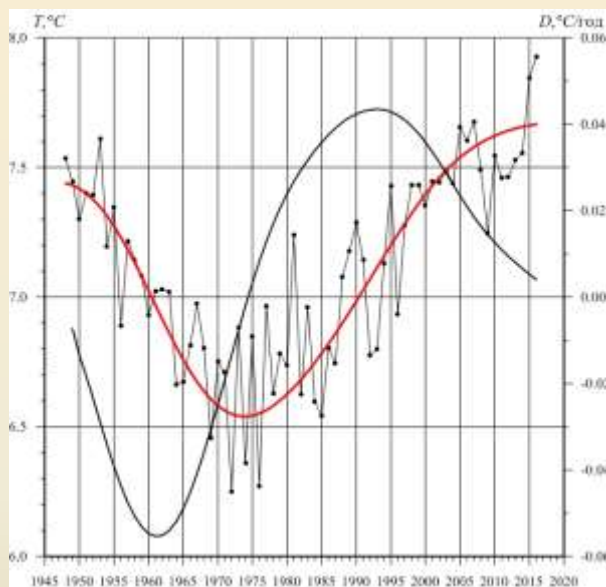


# Многолетний ход (1948-2016 гг.) средней приповерхностной годовой температуры полярной, умеренной и тропической зон северного полушария и скорости ее изменения.

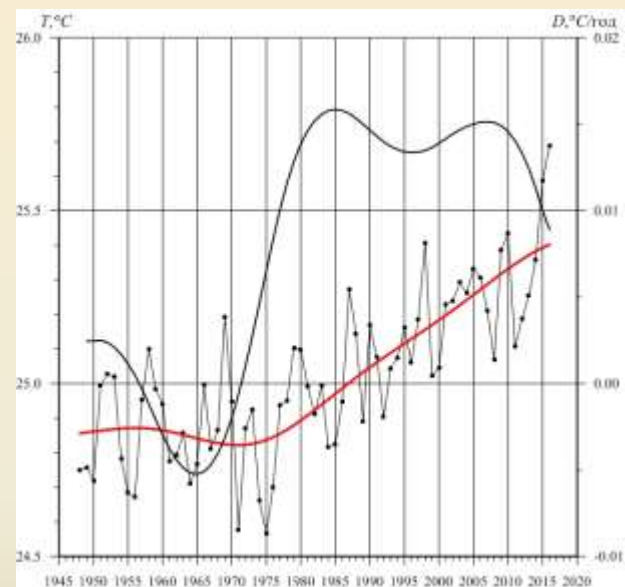
1- исходный ряд, 2- НЧК с периодом более 30 лет, 3- скорость изменения



Полярная



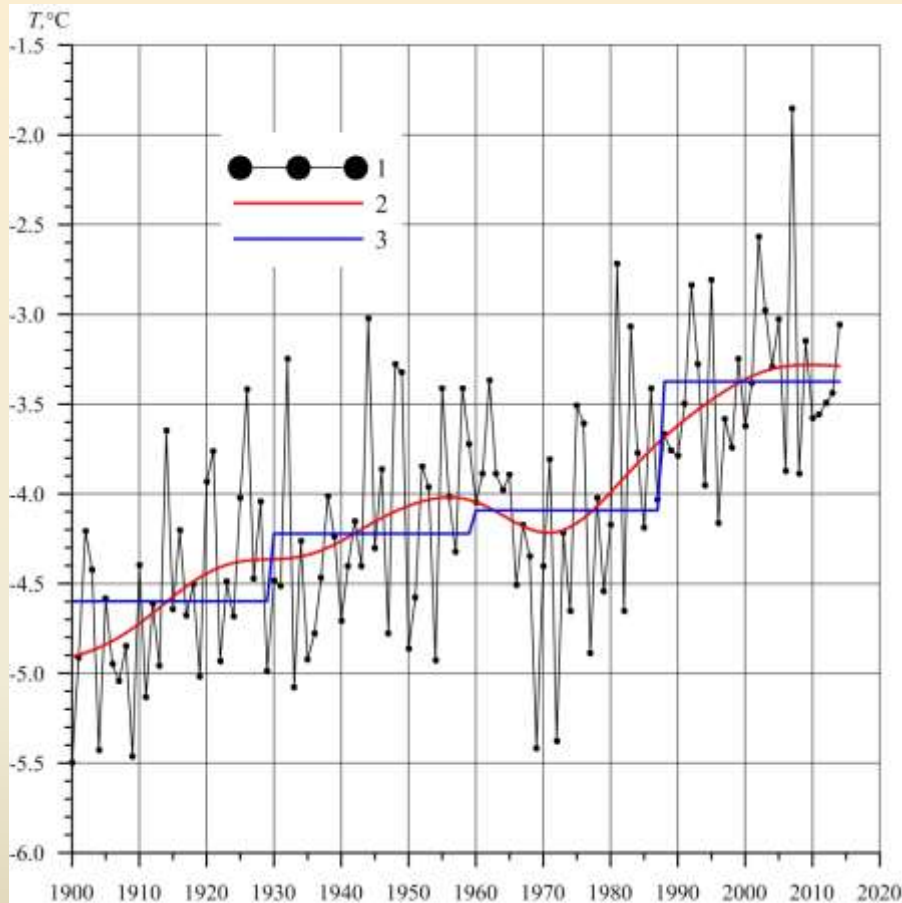
Умеренная



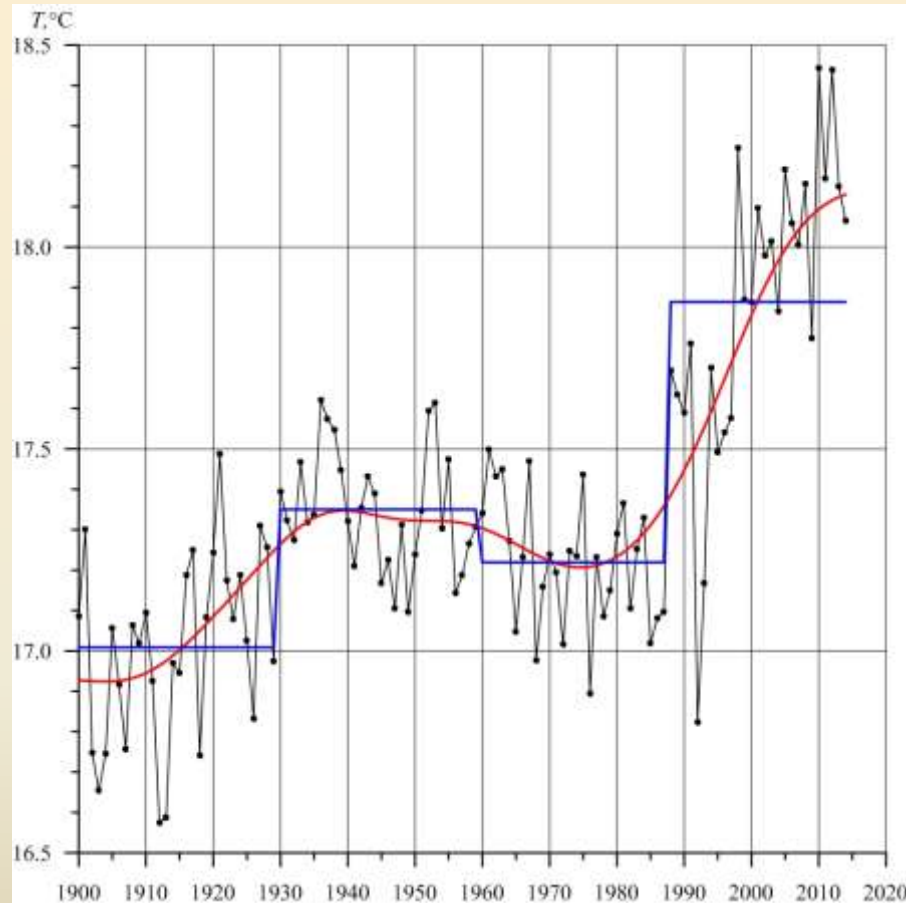
Тропическая

# Многолетний ход (1900-2016 гг.) приповерхностной температуры северного полушария.

1- исходный ряд, 2- НЧК с периодом более 30 лет, 3- ступенчатый тренд

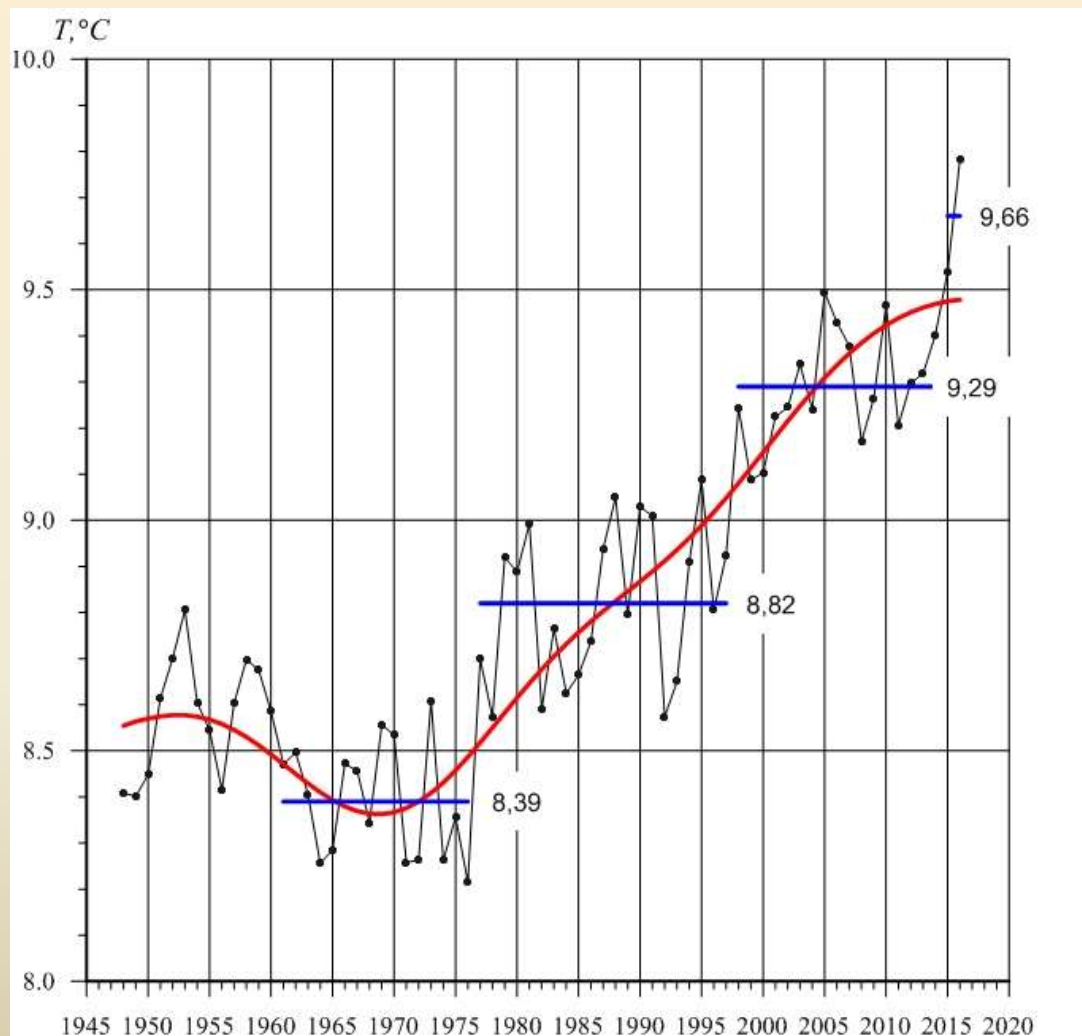


Январь

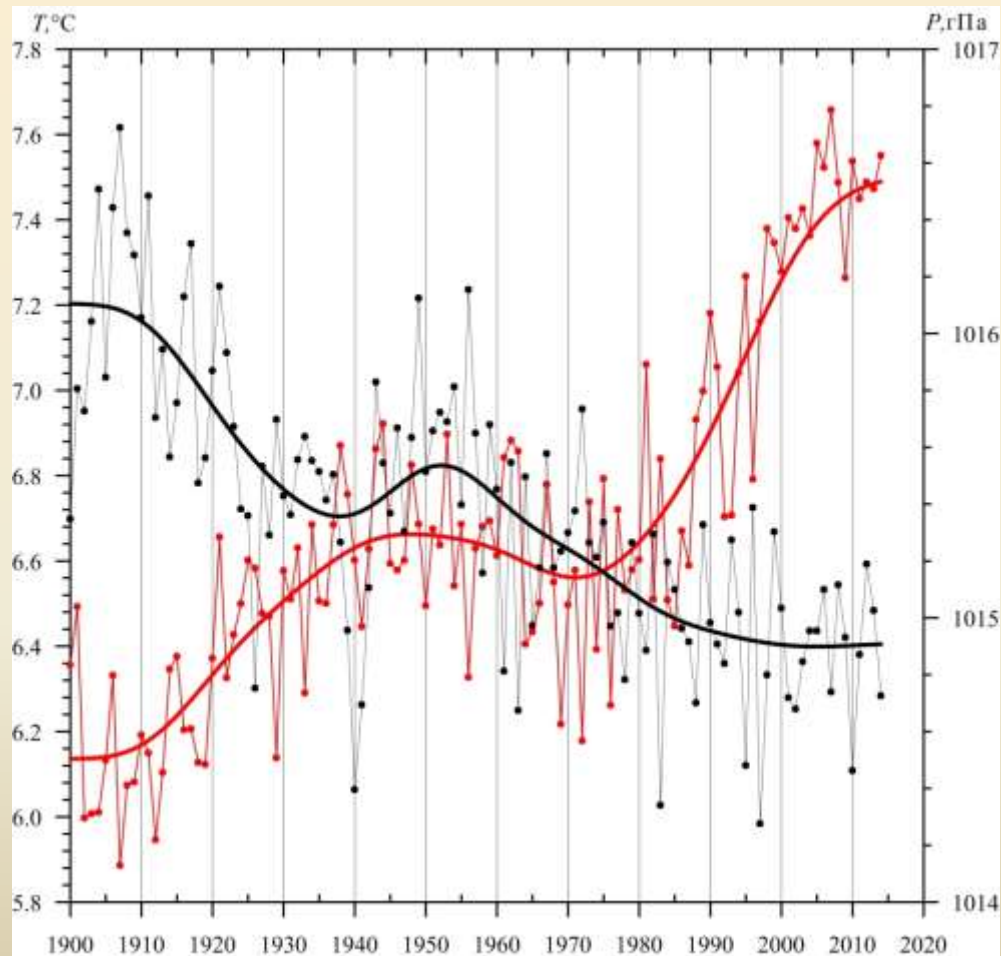


Июль

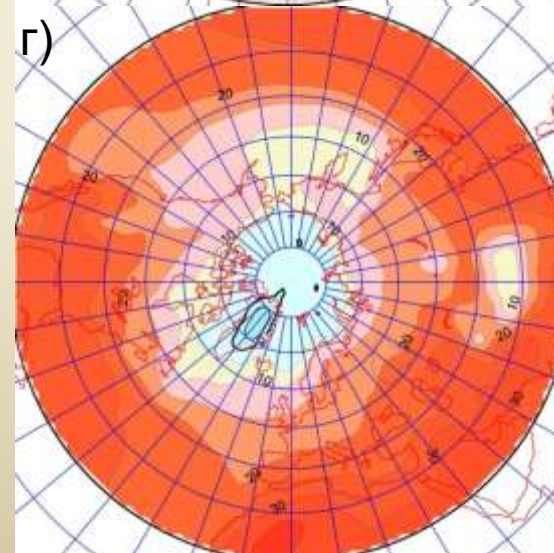
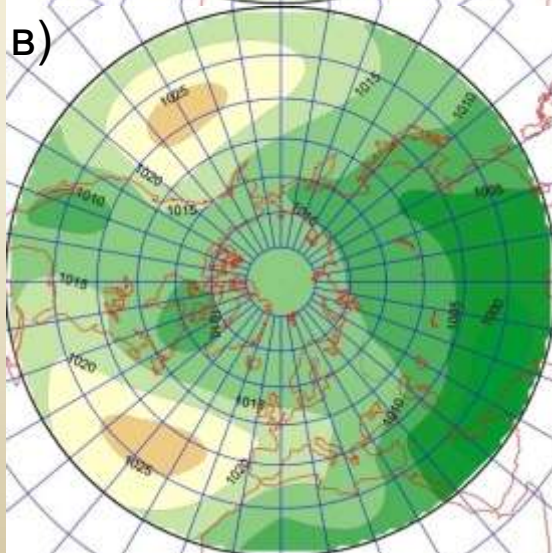
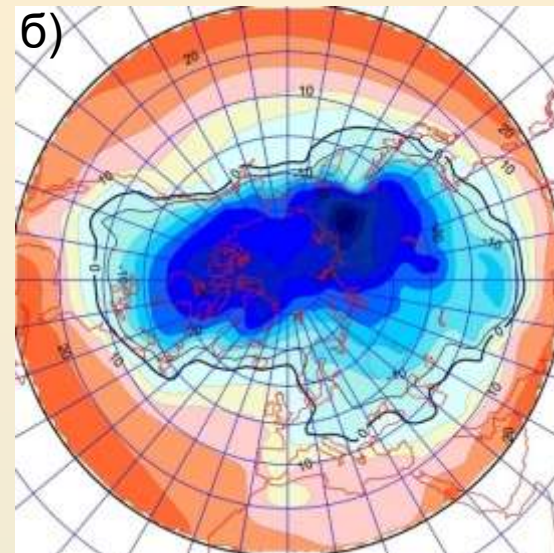
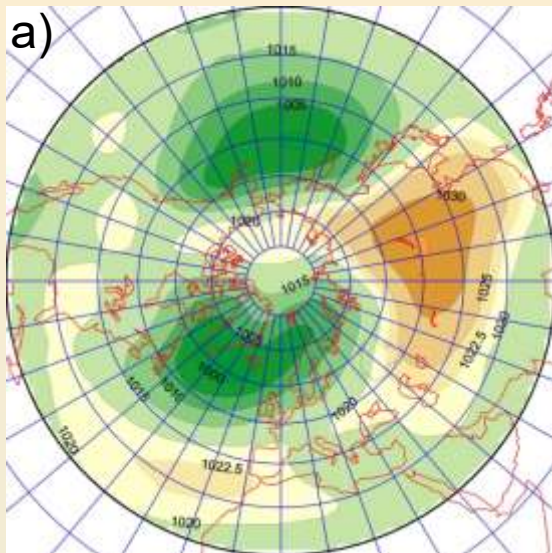
# Многолетний ход (1948-2016 гг.) средней годовой температуры северного полушария на АТ-850 .



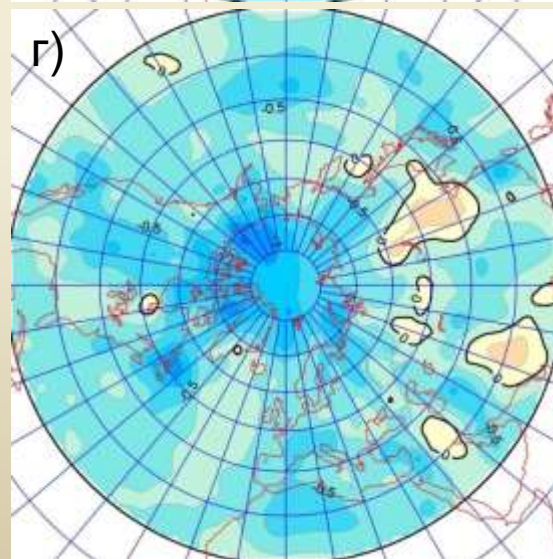
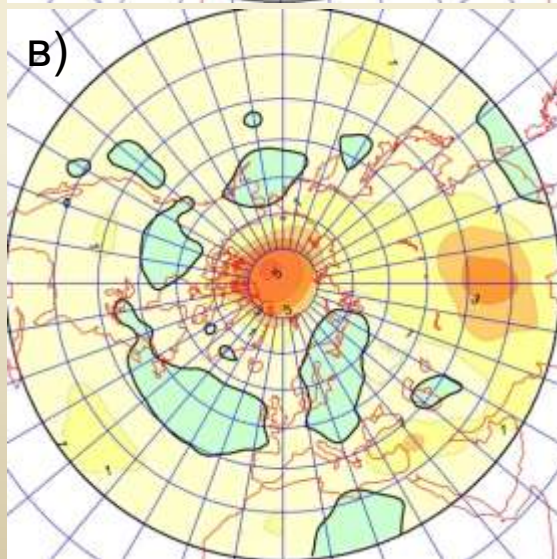
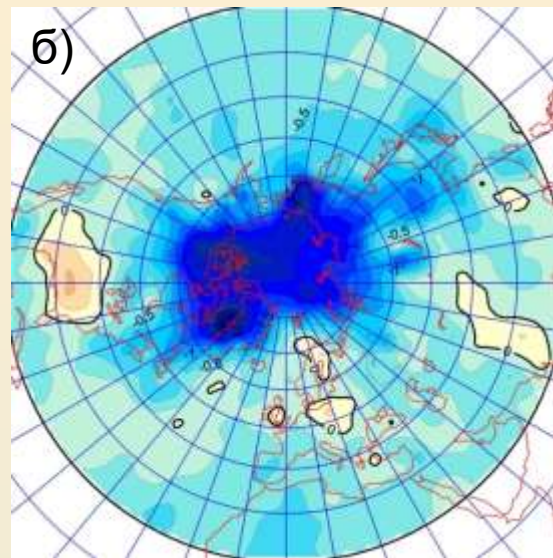
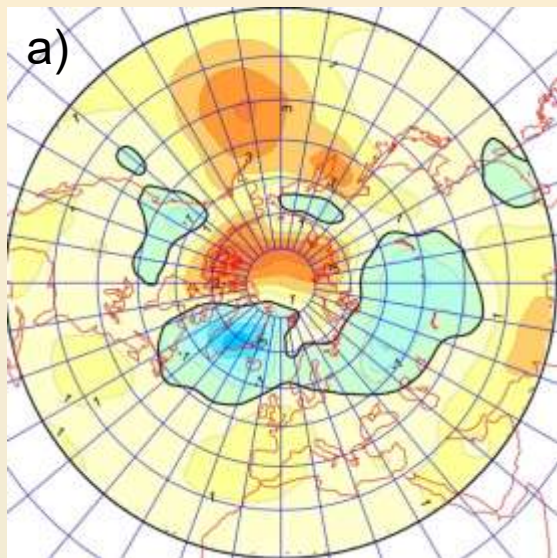
Многолетний ход средних годовых значений (исходные данные и НЧК с периодом более 20 лет) давления приведенного к уровню моря (черная линия) и приземной температуры воздуха (красная линия).



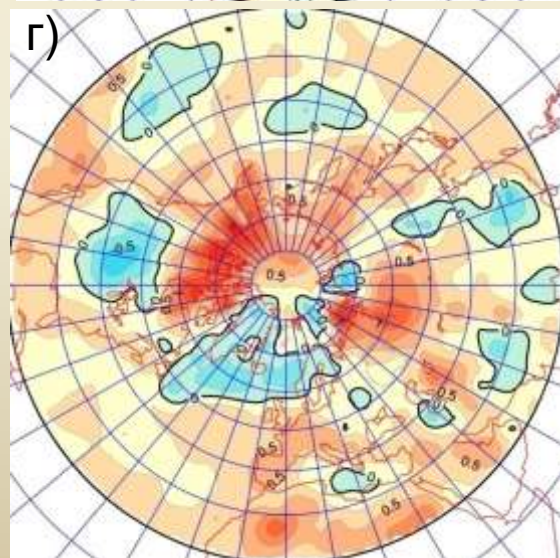
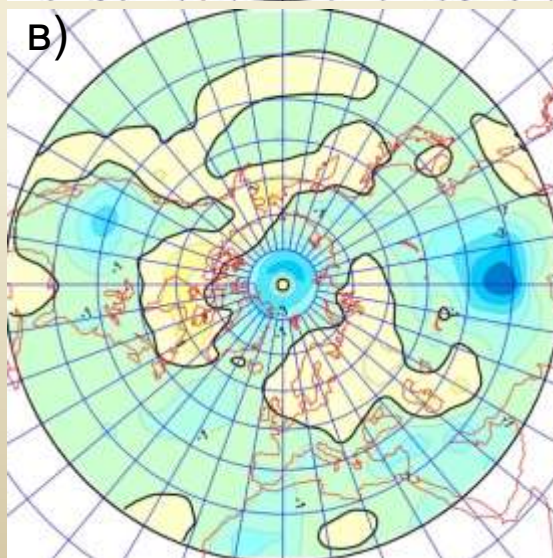
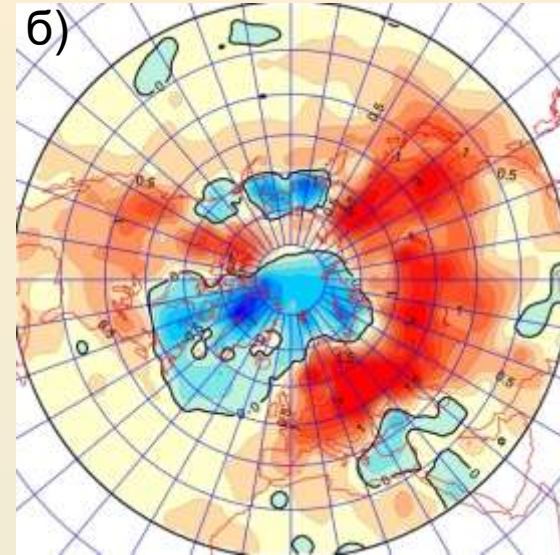
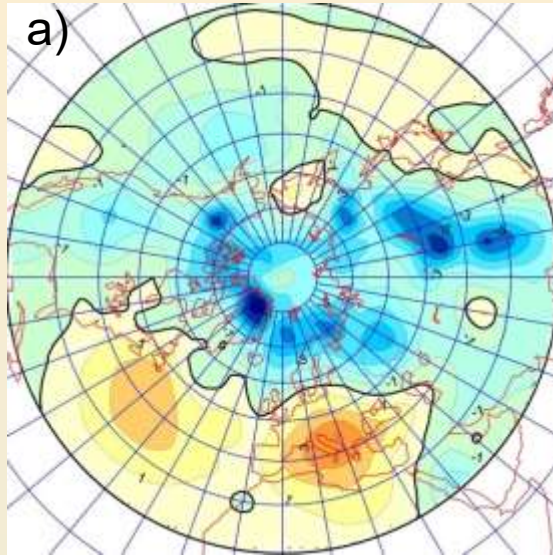
Средние многолетние поля давления (а, в) (1900–2000 гг.) и температуры (б,г) (1900–2014 гг.) в январе (а,б) и июле (в,г).



Аномалии (1900–1929 гг.) давления (а, в) и температуры (б,г) в январе (а,б) и июле (в,г).



Аномалии (1988–2000 гг.) давления (а, в) и температуры (б,г) в январе (а,б) и июле (в,г).





## Таблица

Значения показателя подобия полей аномалий температуры воздуха и атмосферного давления за различные периоды (27,5-67,5°с.ш.)

Для температуры										
	январь					июль				
Период	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
I	1	0,26	-0,12	-0,67	-0,80	1	0,07	0,22	-0,59	-0,72
II	0,26	1	-0,30	-0,46	-0,41	0,07	1	-0,17	-0,28	-0,18
III	-0,12	-0,30	1	0,08	0,04	0,22	-0,17	1	-0,20	-0,43
IV	-0,67	-0,46	0,08	1	0,85	-0,59	-0,28	-0,20	1	0,70
V	-0,80	-0,41	0,04	0,85	1	-0,72	-0,18	-0,43	0,70	1
Для давления										
	январь					июль				
Период		I	II	III	IV	I	II	III	IV	
I		1	-0,39	-0,69	0,06	1	-0,13	-0,70	-0,31	
II		-0,39	1	0,28	-0,28	-0,13	1	-0,13	-0,27	
III		-0,69	0,28	1	-0,27	-0,70	-0,13	1	0,38	
IV		0,06	-0,28	-0,27	1	-0,31	-0,27	0,38	1	

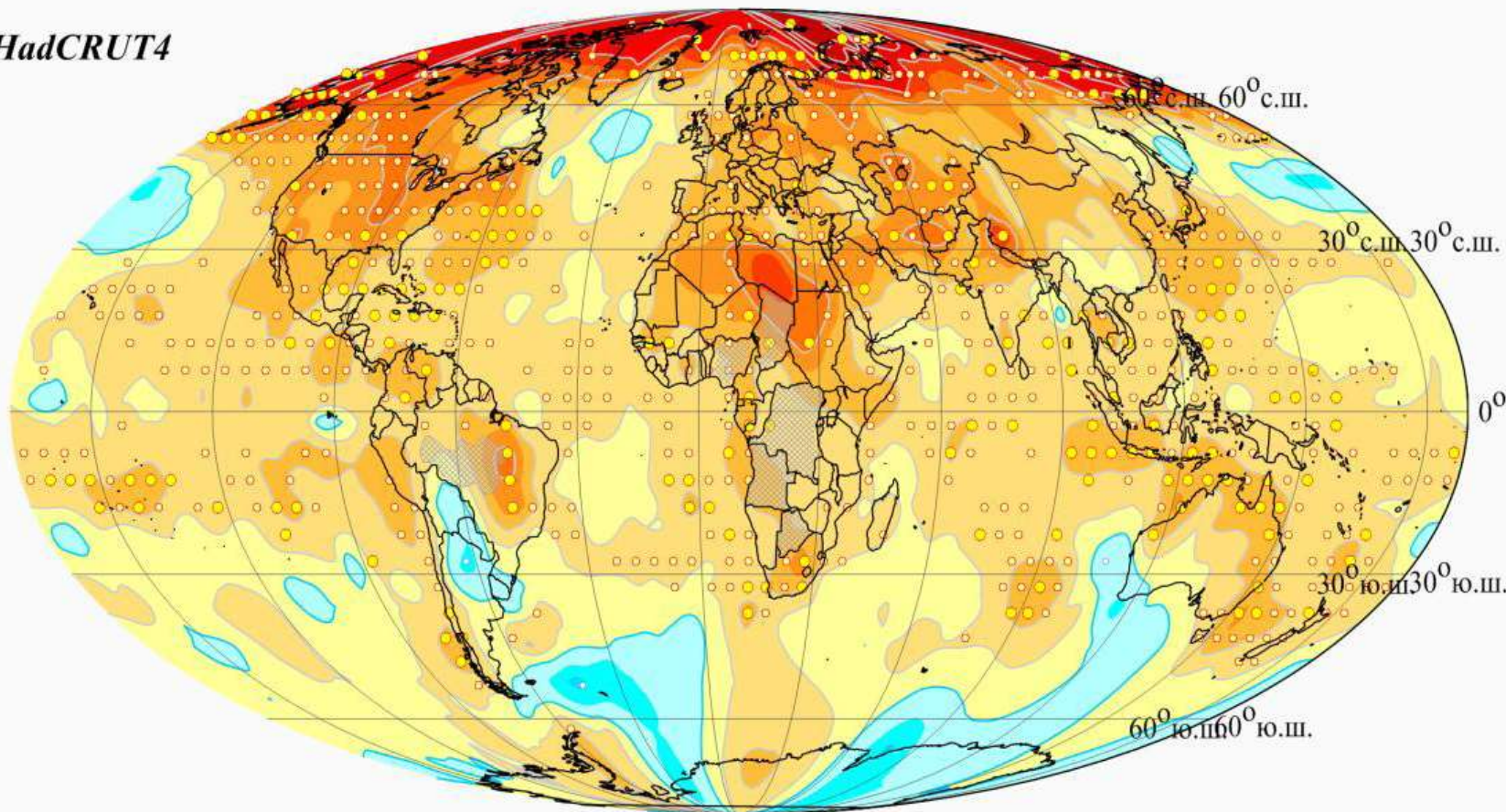
Примечание: для температуры рассмотрены периоды:

I -1900-1929; II-1930-1959; III-1960-1987; IV-1988-2000; V-1988-2014гг.;

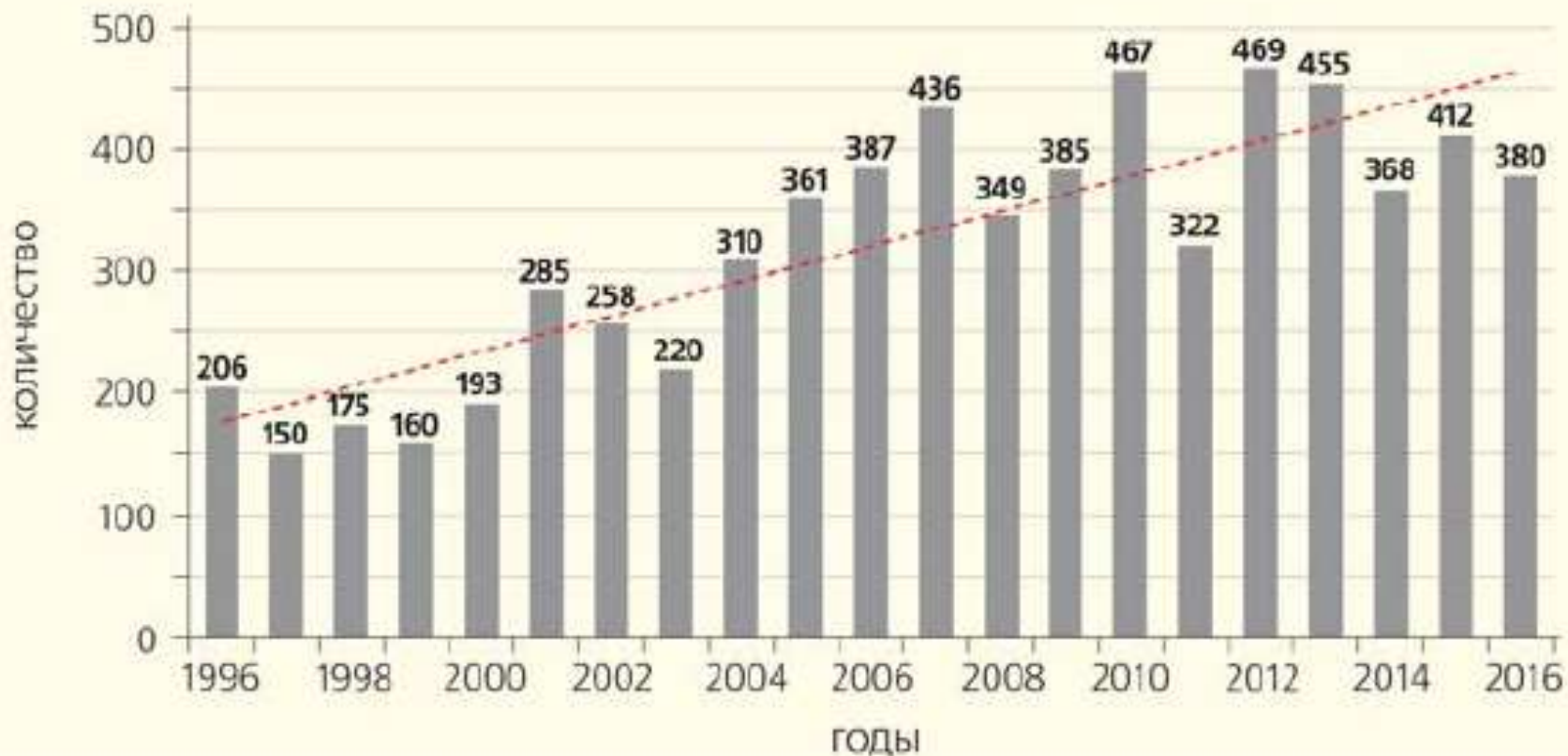
для давления: I -1900-1929; II-1930-1959; III-1960-1987; IV-1988-2000.

Пространственное распределение среднегодовых аномалий приземной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) на территории Земного шара в 2016 г. по сеточным данным HadCRUT4 (Hadley/CRU, UK).

a) HadCRUT4

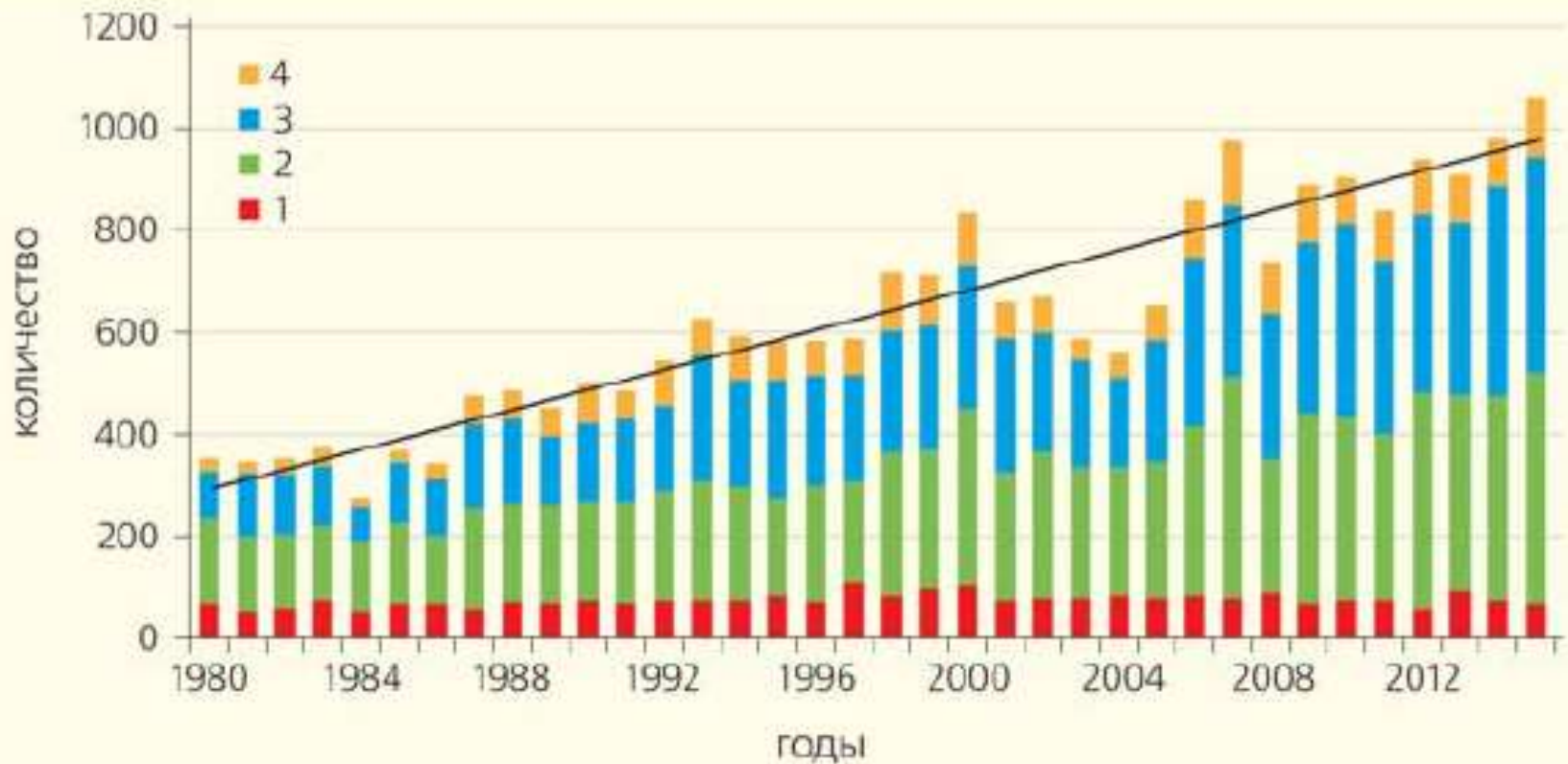


Количество нанесших ущерб опасных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации за 1996–2016 гг.  
Пунктиром показан линейный тренд.

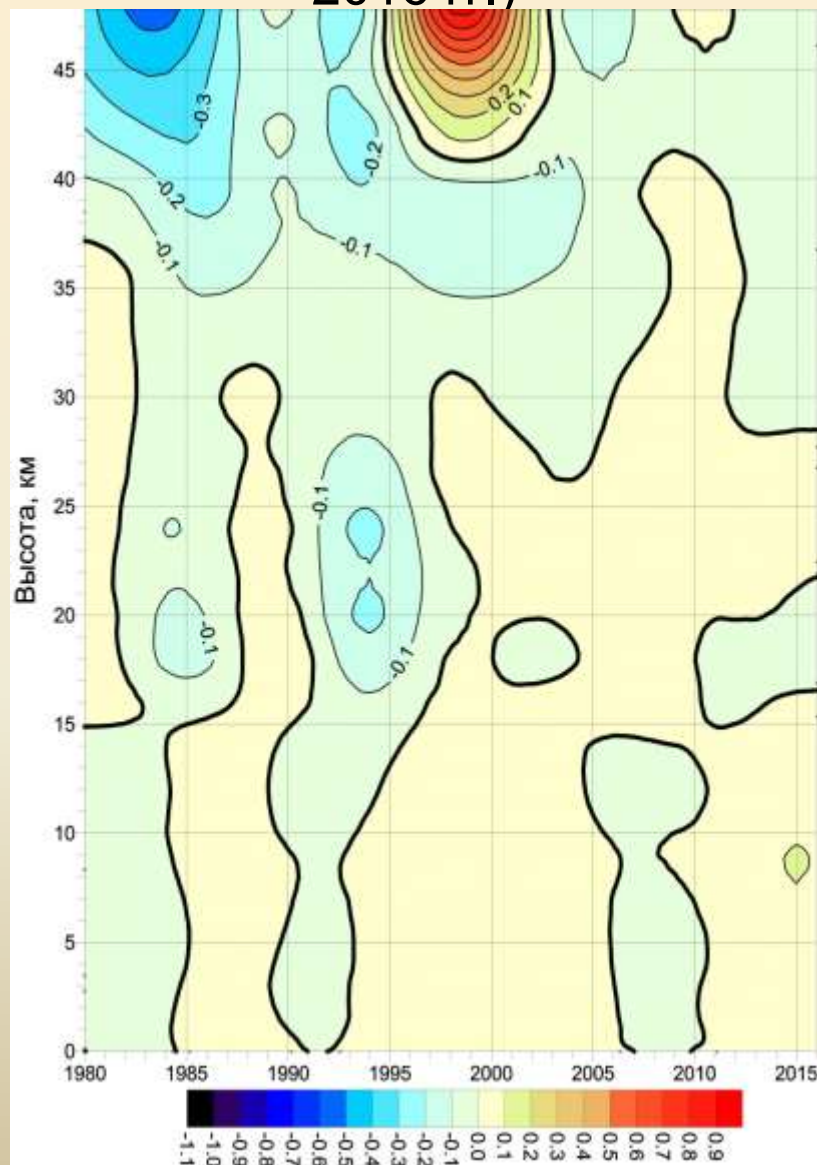


Количество нанесших ущерб стихийных бедствий в мире за период 1980–2015 гг. по данным Института страховой информации.

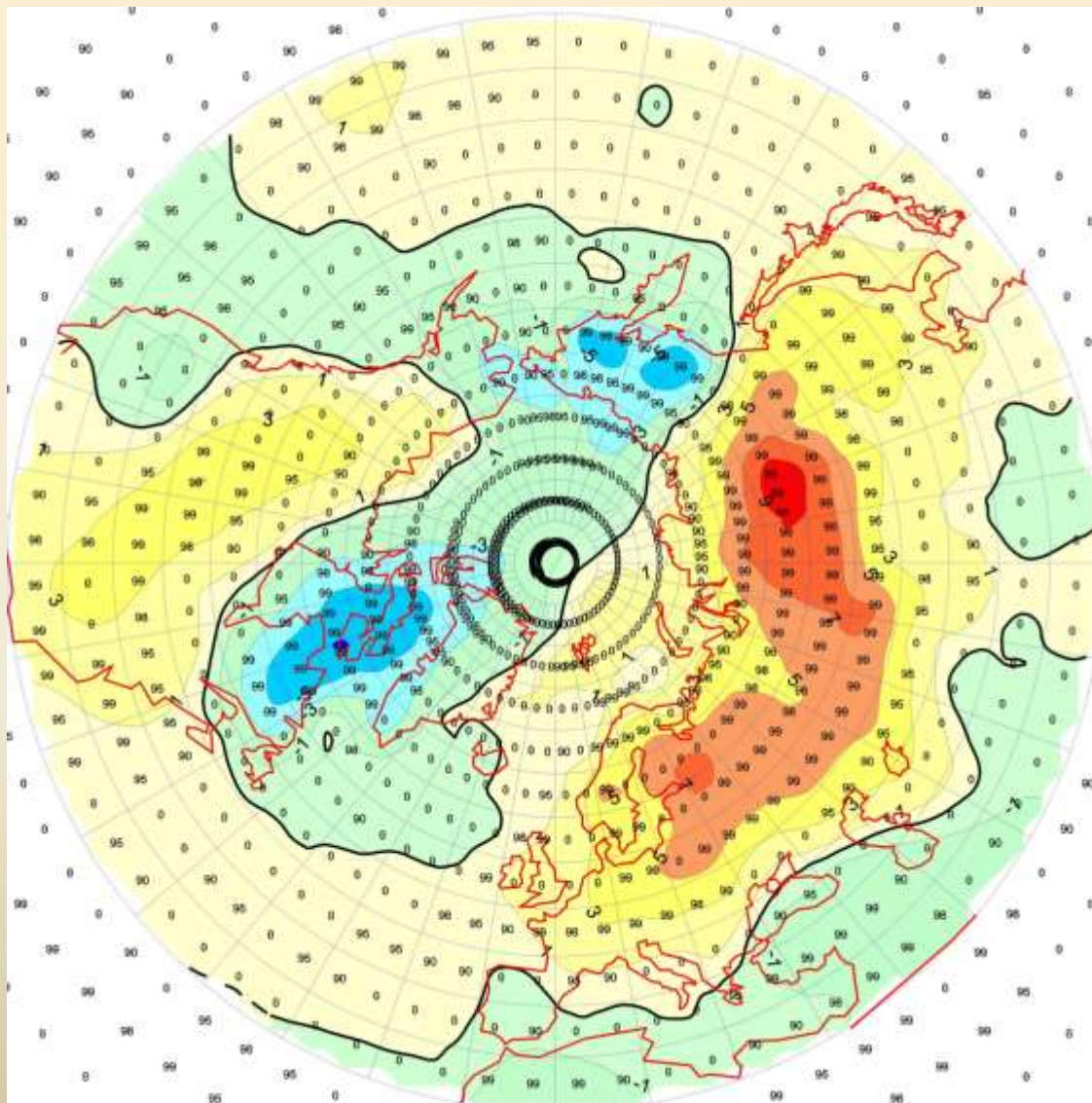
Бедствия: 1 — географические (землетрясения, цунами, вулканическая активность), 2 — метеорологические (шторма, тайфуны, ураганы), 3 — гидрологические (наводнения, паводки), 4 — климатические (экстремальные температуры, засухи, пожары). Прямой показан линейный тренд.



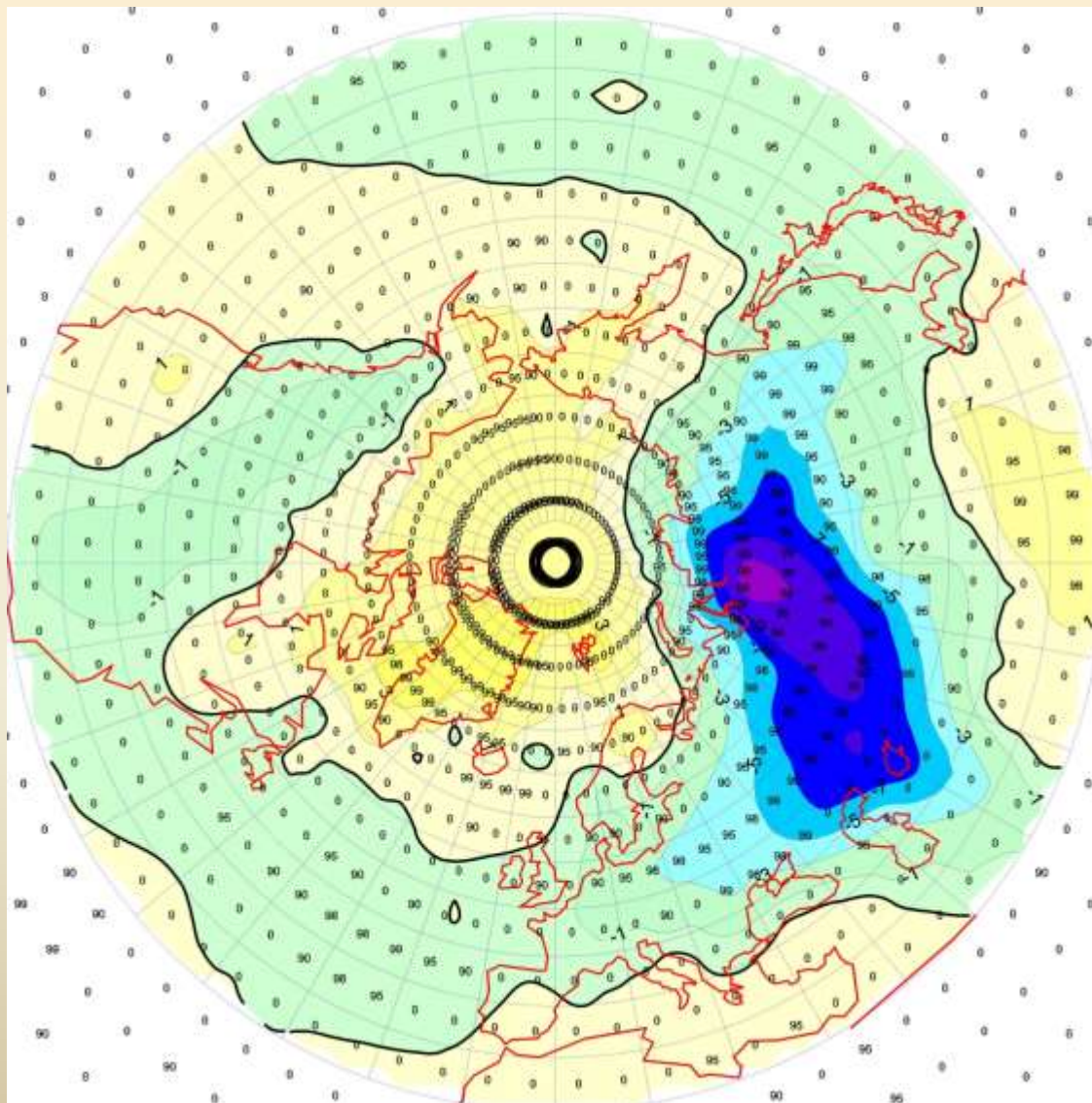
Скорость изменения ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) НЧК средней годовой температуры воздуха в тропосфере и стратосфере северного полушария (1979-2016 гг.)



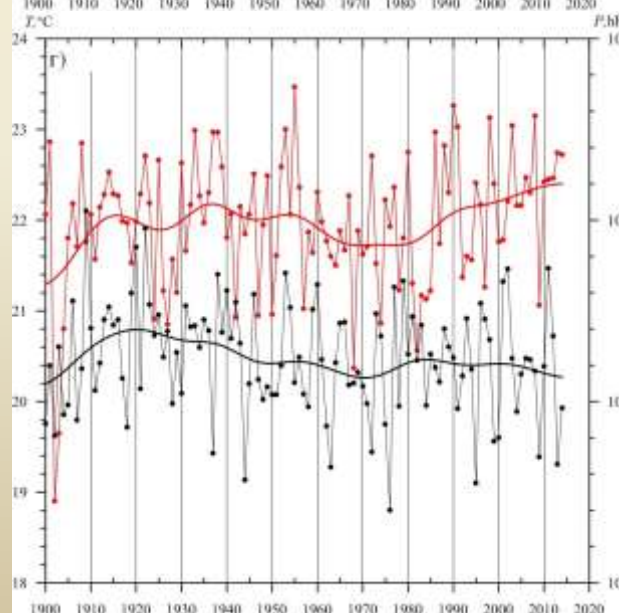
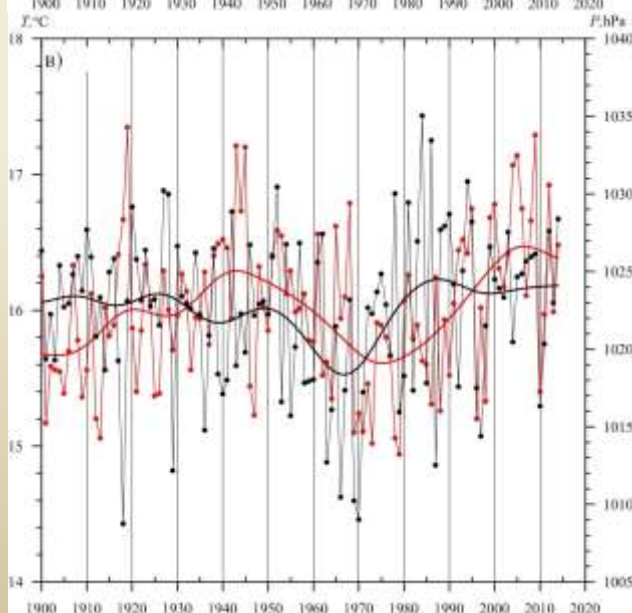
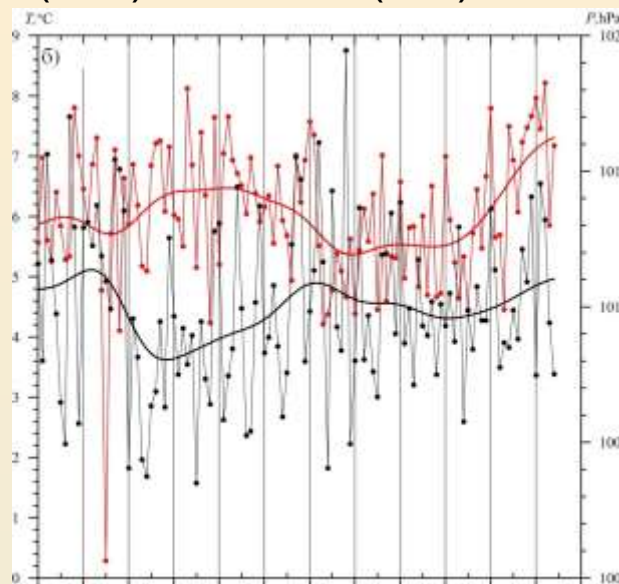
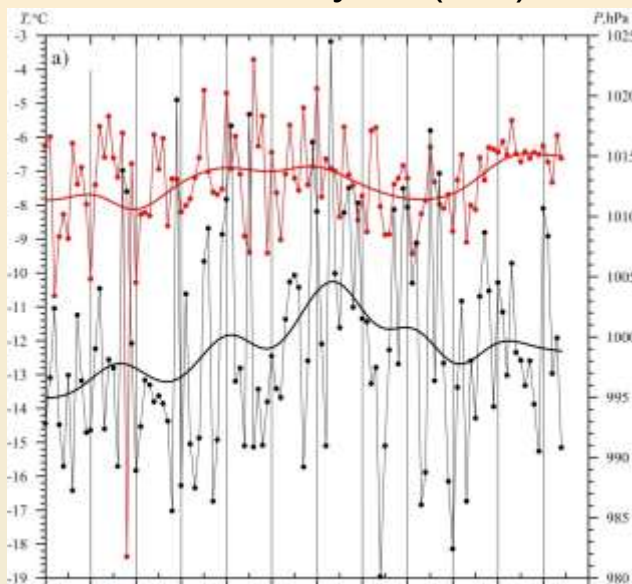
# Поле разностного композита приповерхностной температуры для индекса АО в январе (1950 – 2014)



# Поле разностного композита приповерхностной температуры для индекса SCAND в январе (1950 – 2014)

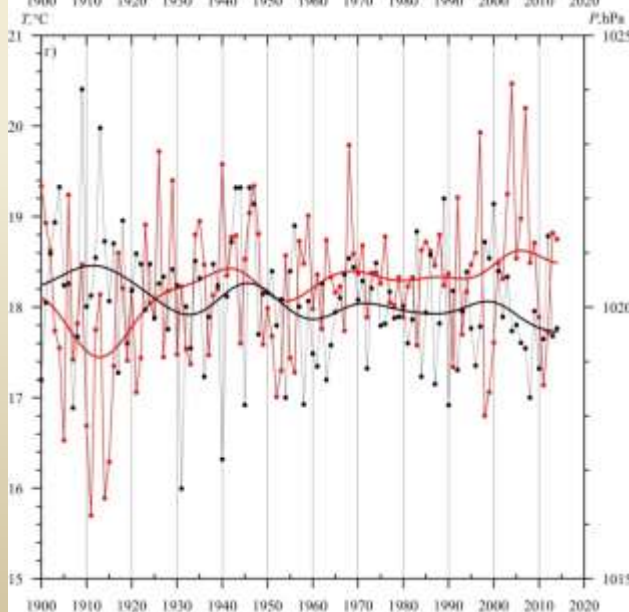
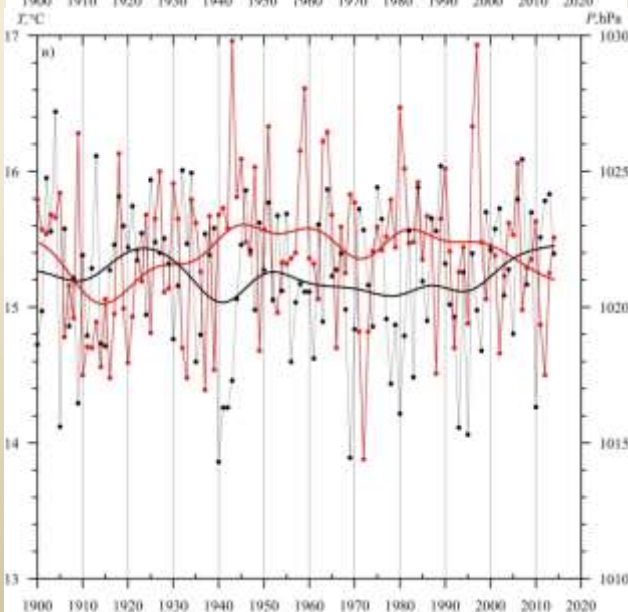
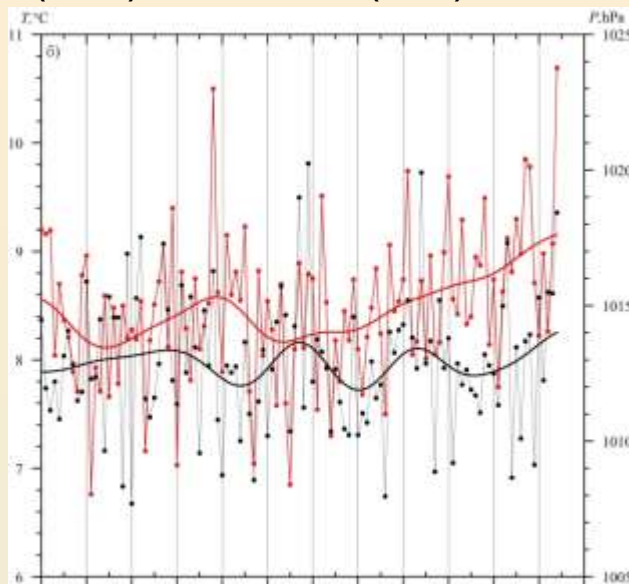
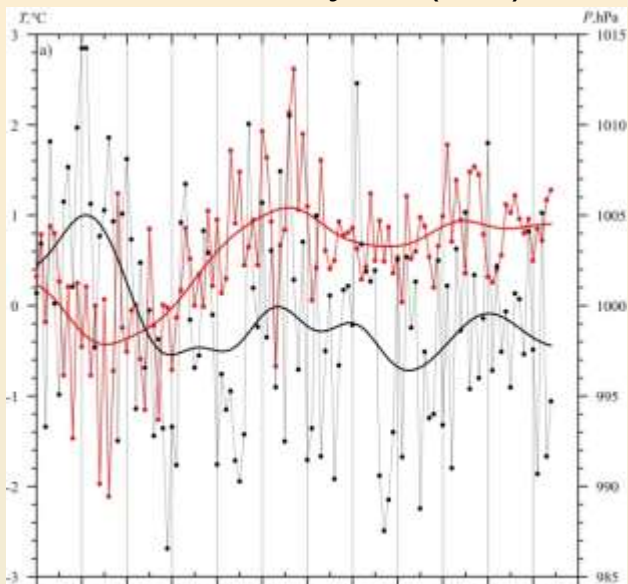


Многолетний ход давления (черная линия) и температуры воздуха (красная линия) в области Исландского минимума (а, б) и Азорского максимума (в, г) в январе (а, в) и в июле (б, г).



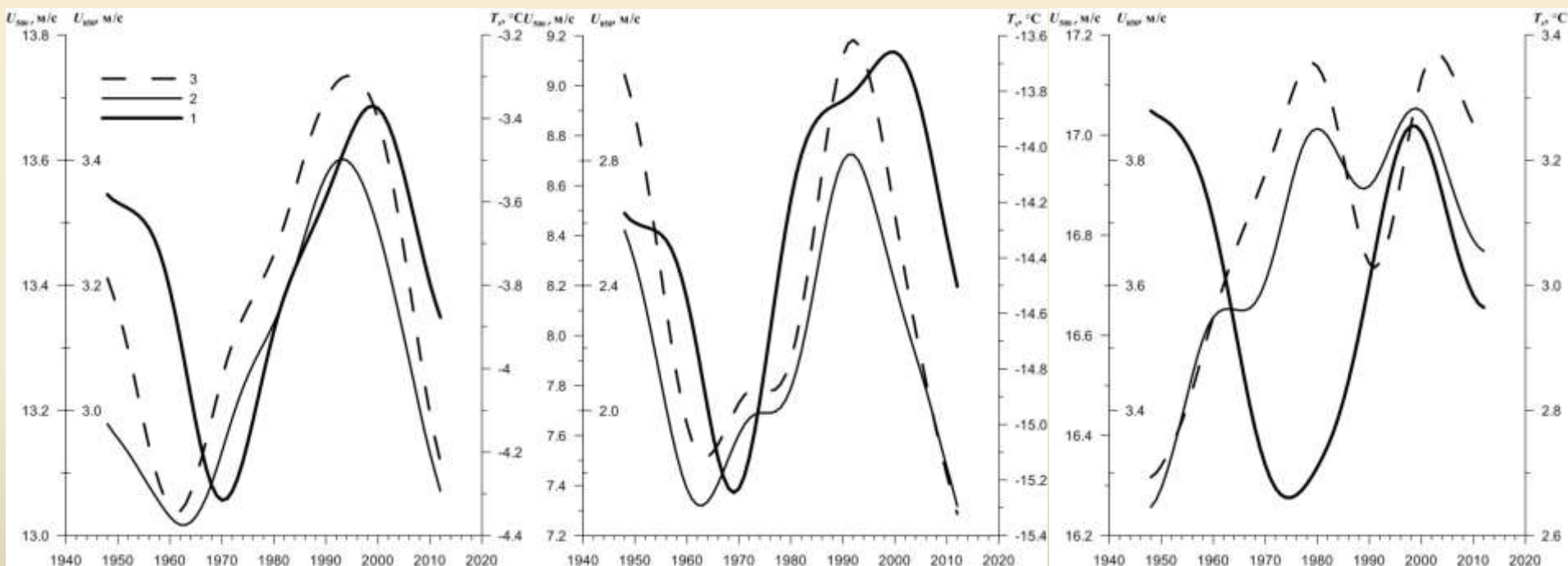


Многолетний ход давления (черная линия) и температуры воздуха (красная линия) в области Алеутского минимума (а, б) и Гонолульского максимума (в, г) в январе (а, в) и в июле (б, г).

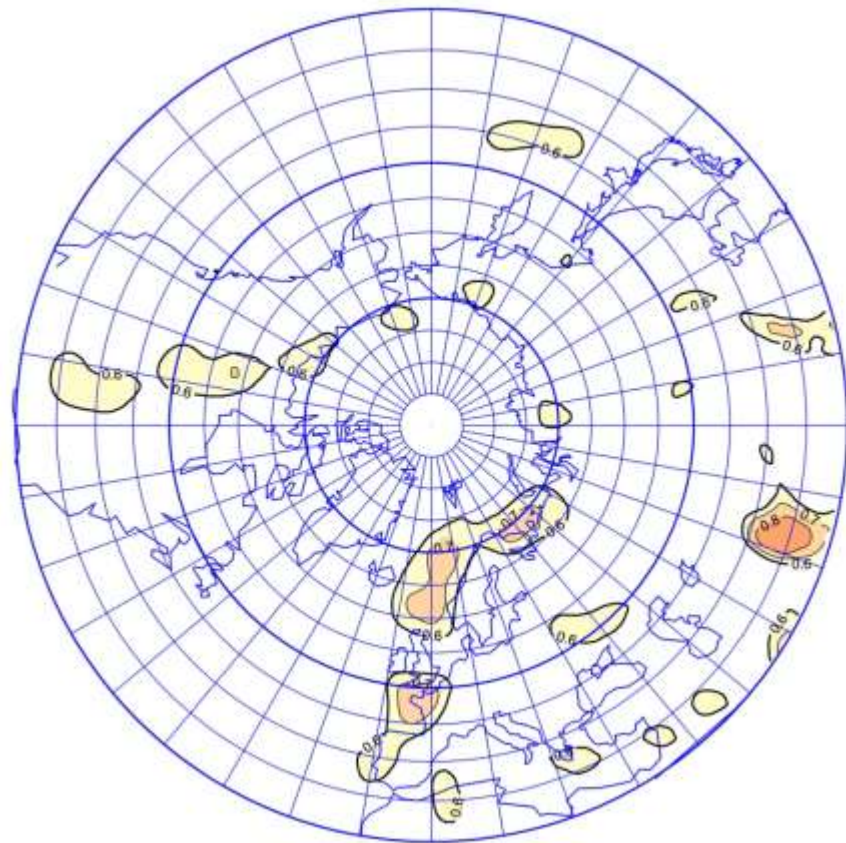
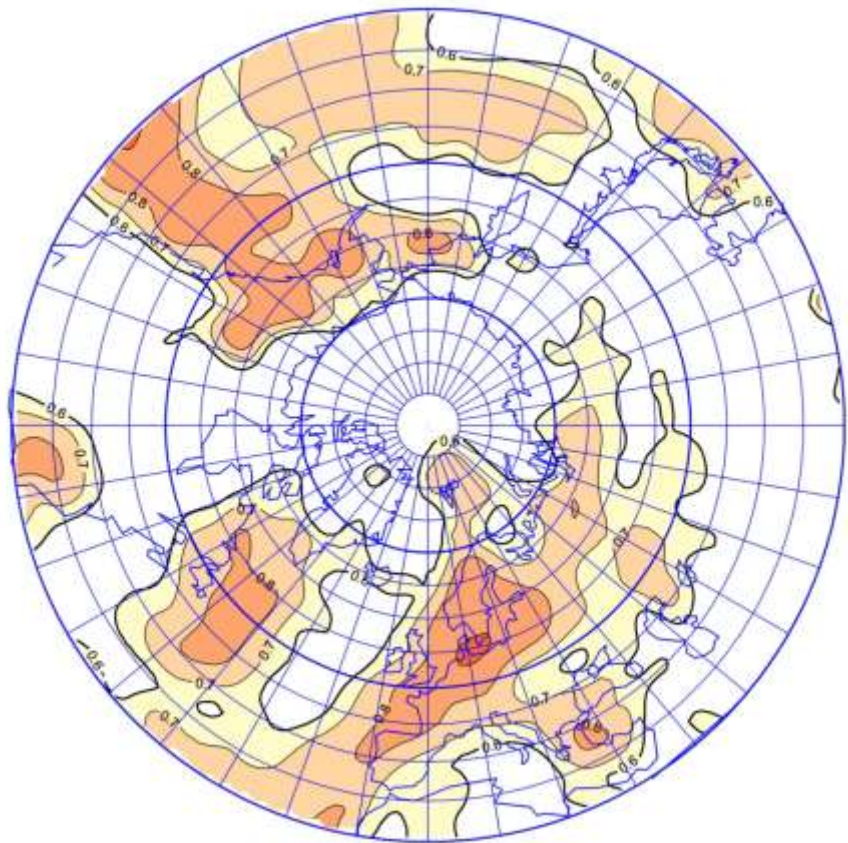


НЧК (более 10 лет) приповерхностной температуры воздуха и зональной компоненты скорости ветра на поверхностях 850 и 500 гПа в умеренной зоне СП (слева), северной (в центре) и южной (справа) ее частях зимой.

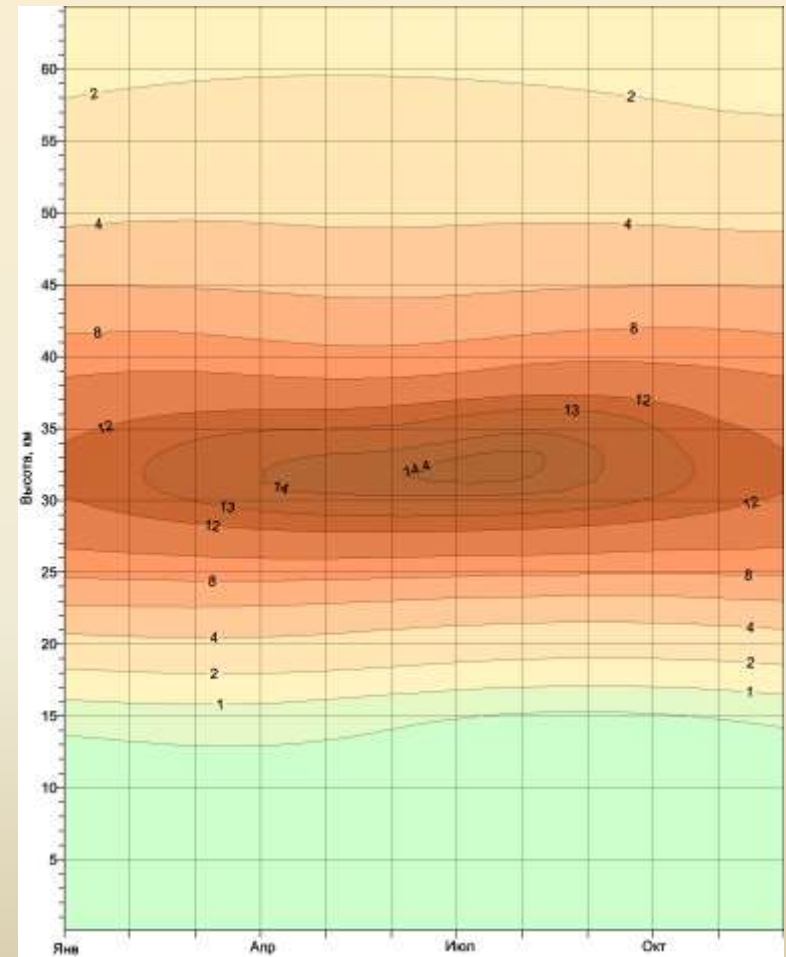
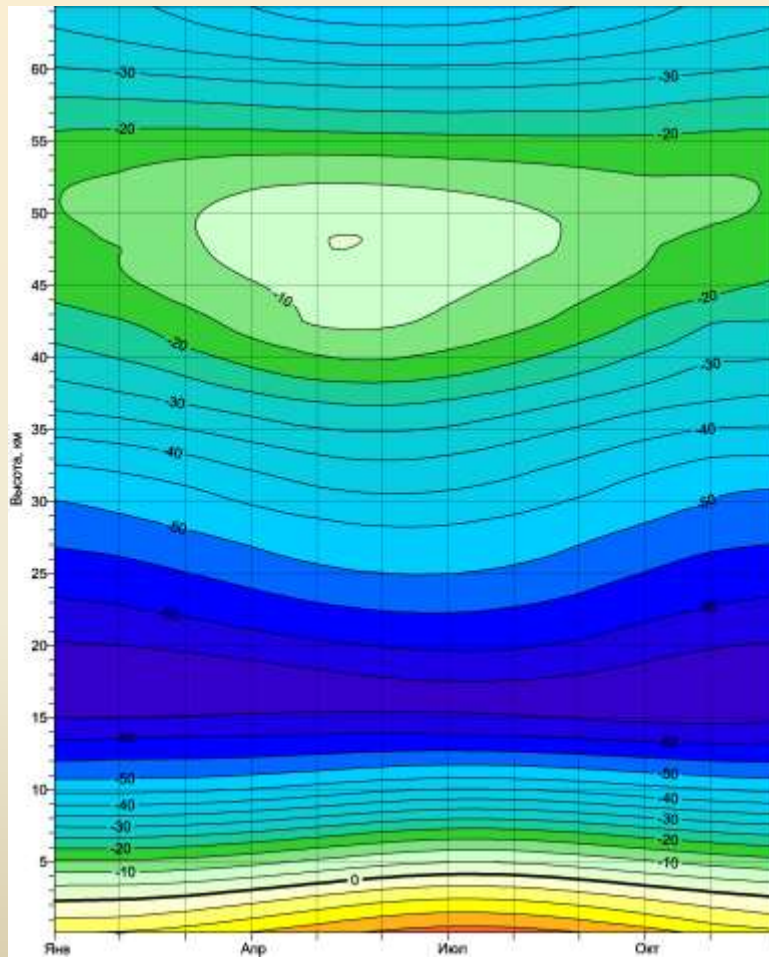
- 1 – приповерхностная температура воздуха ( $T_s$ ),
- 2 и 3 – зональная компонента скорости ветра на изобарических поверхностях 850 ( $U_{850}$ ) и 500 гПа ( $U_{500}$ ) соответственно.



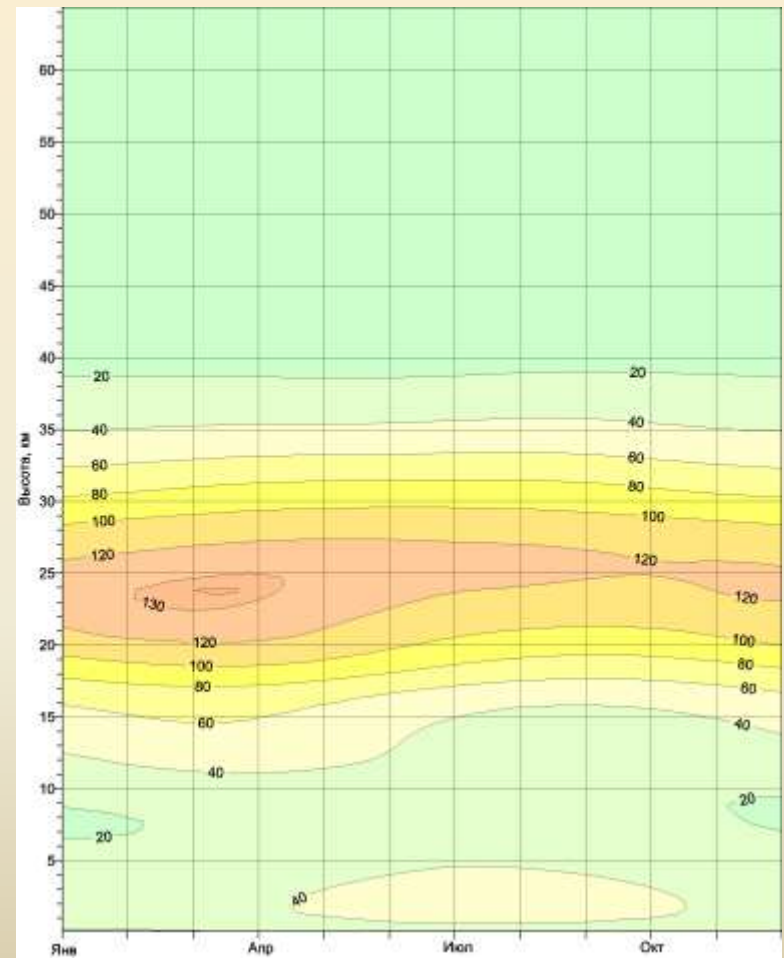
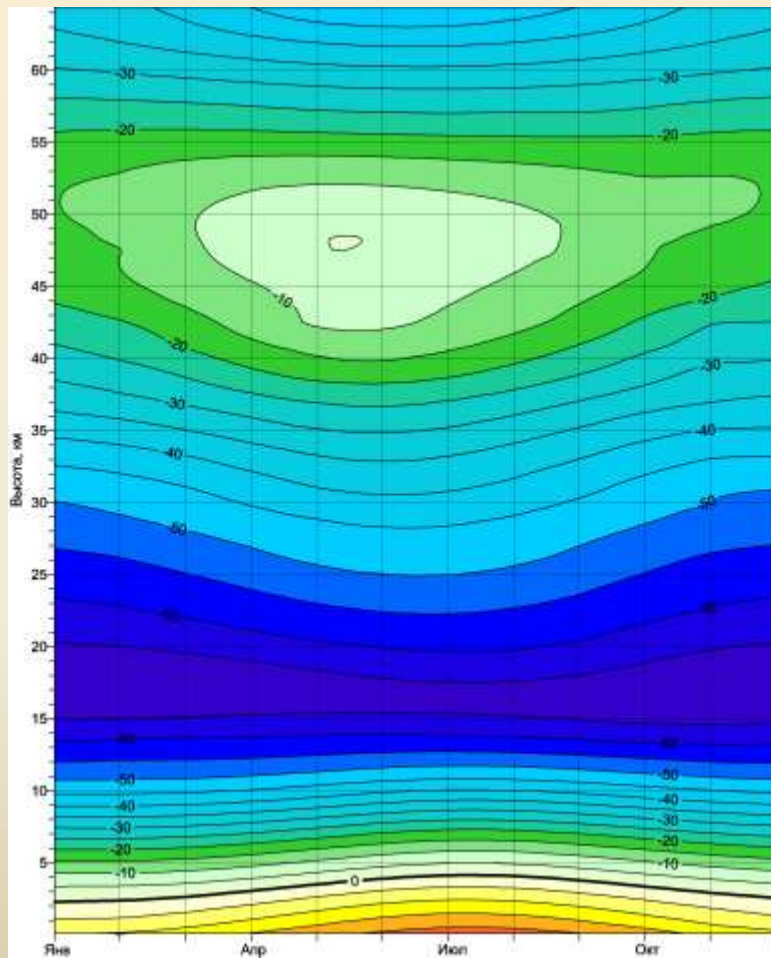
Коэффициенты множественной корреляции приземной температуры воздуха и компонент скорости ветра на изобарической поверхности 850 гПа зимой (слева) и летом (справа)



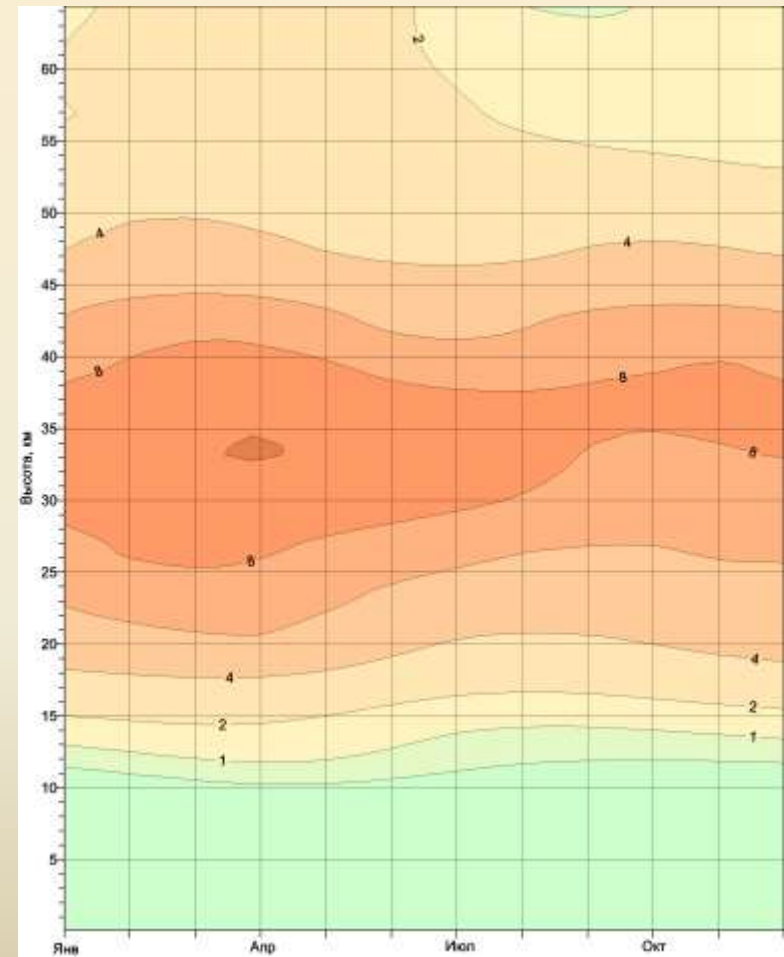
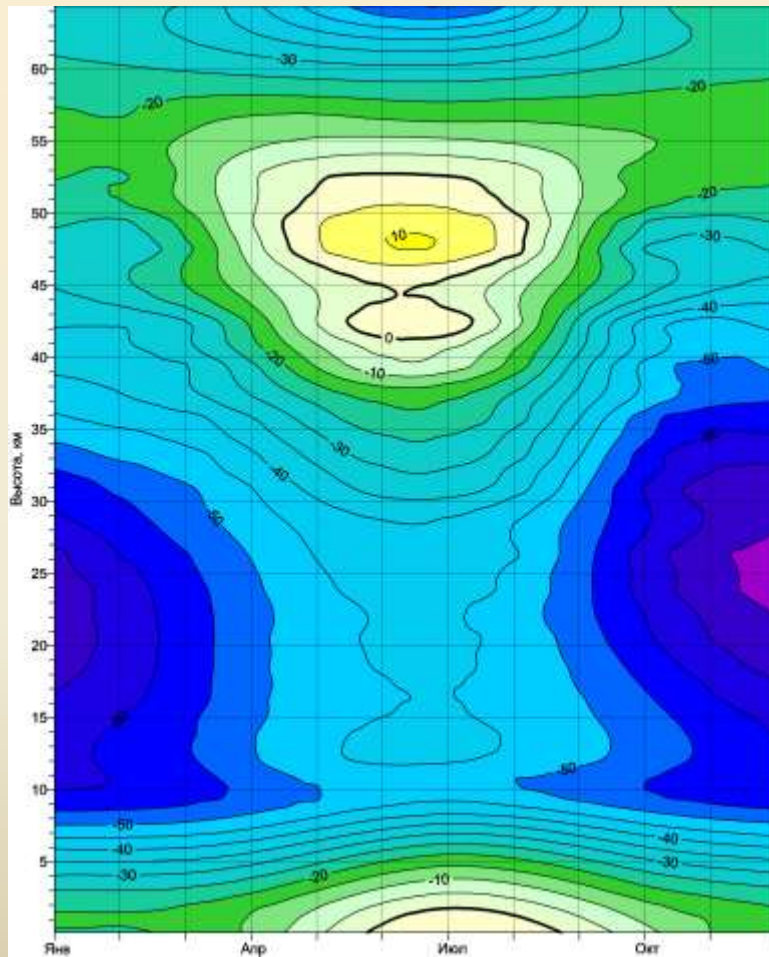
Вертикальный разрез многолетнего (1979 – 2016 гг.) годового хода температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и отношения смеси озона ( $10^{-6}$ ) в слое 0,1 – 65 км. Северное полушарие.



Вертикальный разрез многолетнего (1979 – 2016 гг.) годового хода температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и давления озона ( $10^{-6}$  гПа )  
в слое 0,1 – 65 км.  
Северное полушарие.

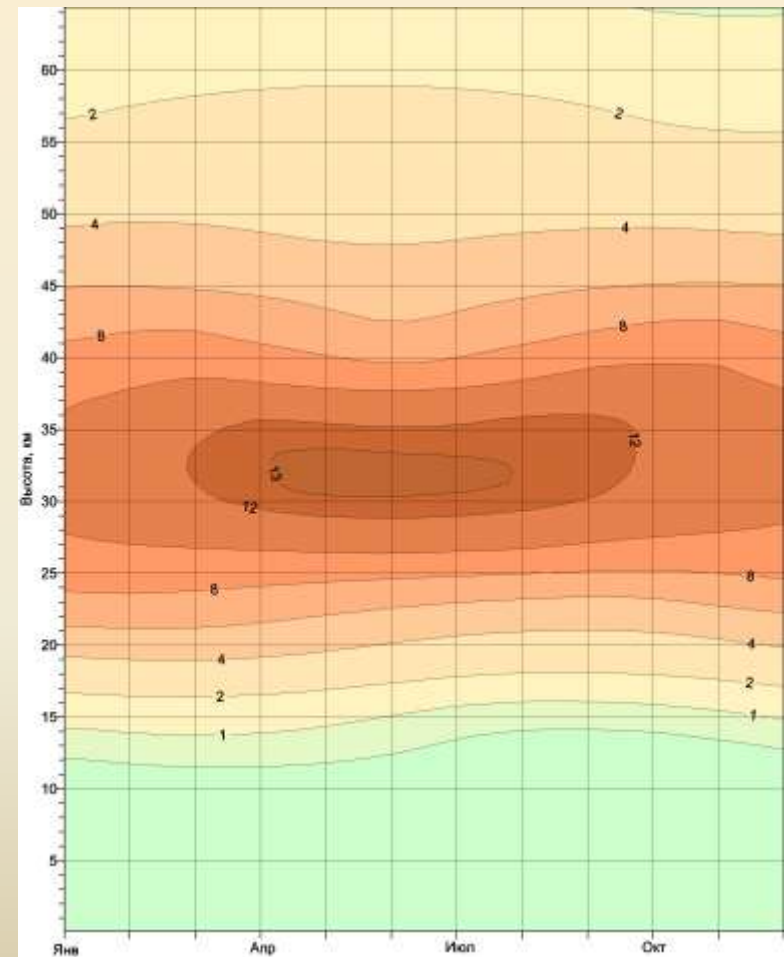
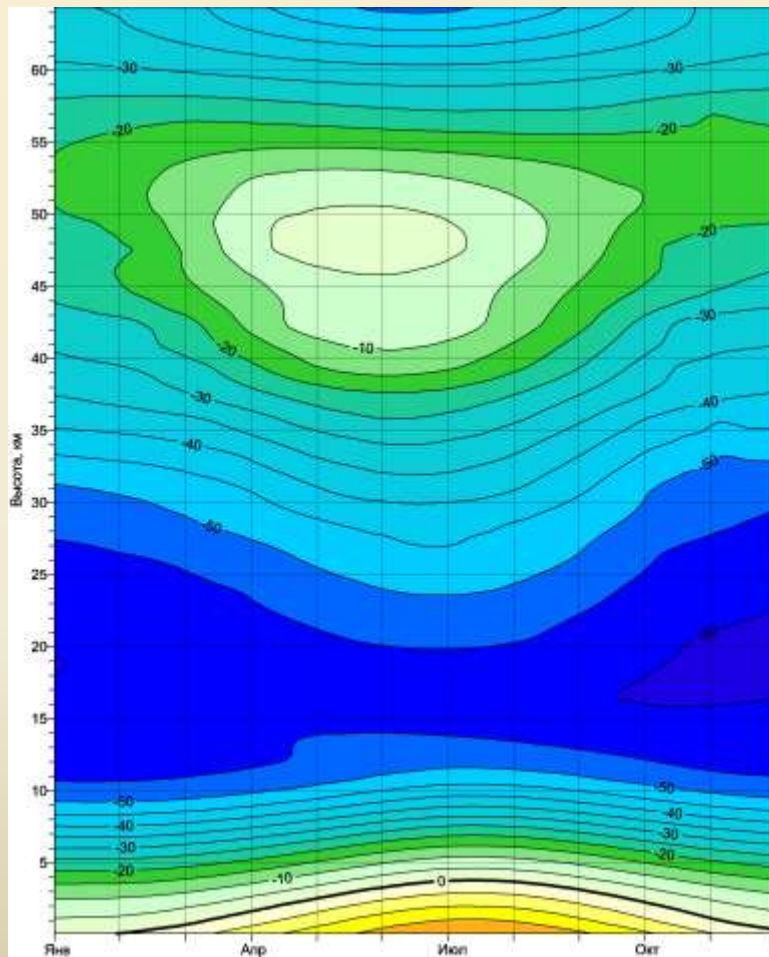


Вертикальный разрез многолетнего (1979 – 2016 гг.) годового хода температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и отношения смеси озона ( $10^{-6}$ ) в слое 0,1 – 65 км.  
Полярная зона ( $67,5 - 90^{\circ}$  с.ш.) Северного полушария.



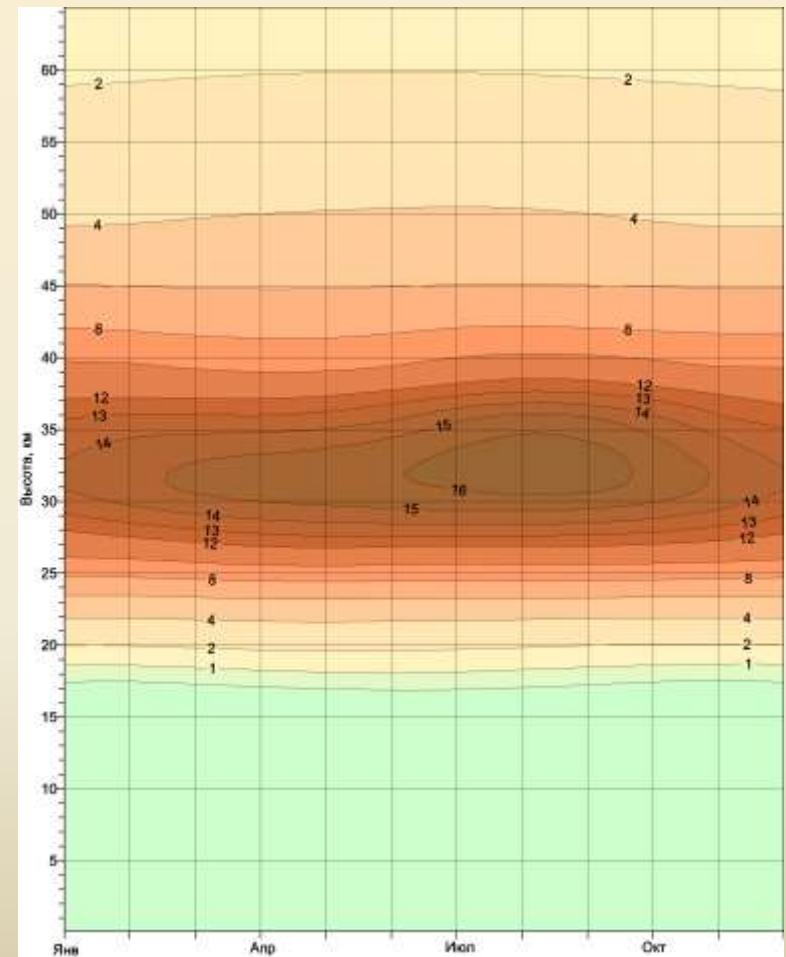
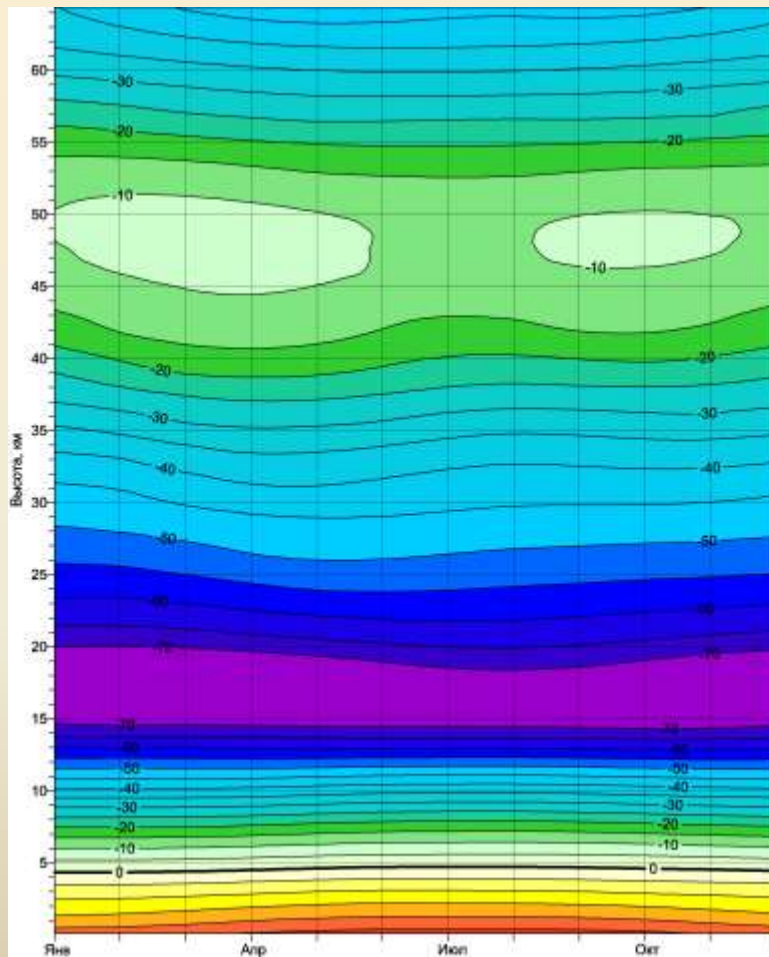
Вертикальный разрез многолетнего (1979 – 2016 гг.) годового хода температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и отношения смеси озона ( $10^{-6}$ ) в слое 0,1 – 65 км.

Умеренная зона ( $65 - 32,5^{\circ}$  с.ш.) Северного полушария.



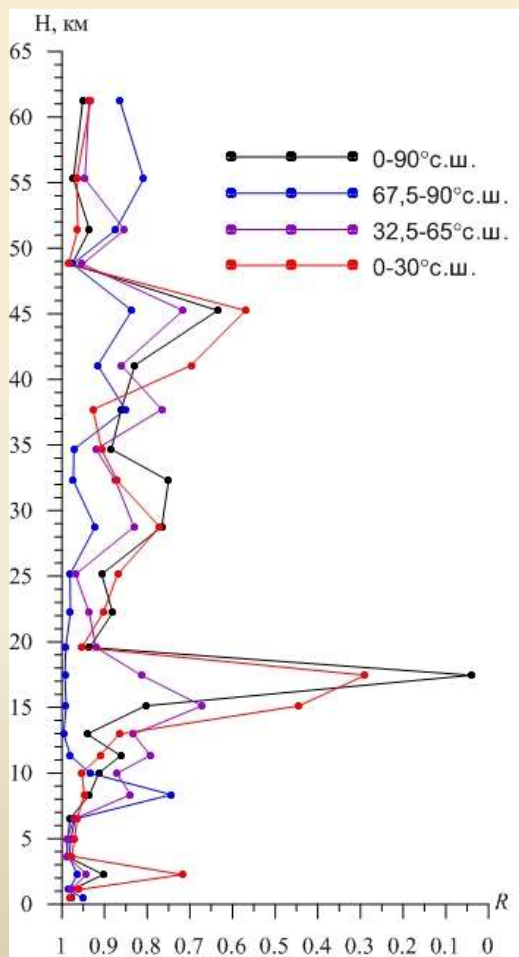
Вертикальный разрез многолетнего (1979 – 2016 гг.) годового хода температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) и отношения смеси озона ( $10^{-6}$ ) в слое 0,1 – 65 км.

Тропическая зона ( $30 - 0^{\circ}$  с.ш.) Северного полушария.

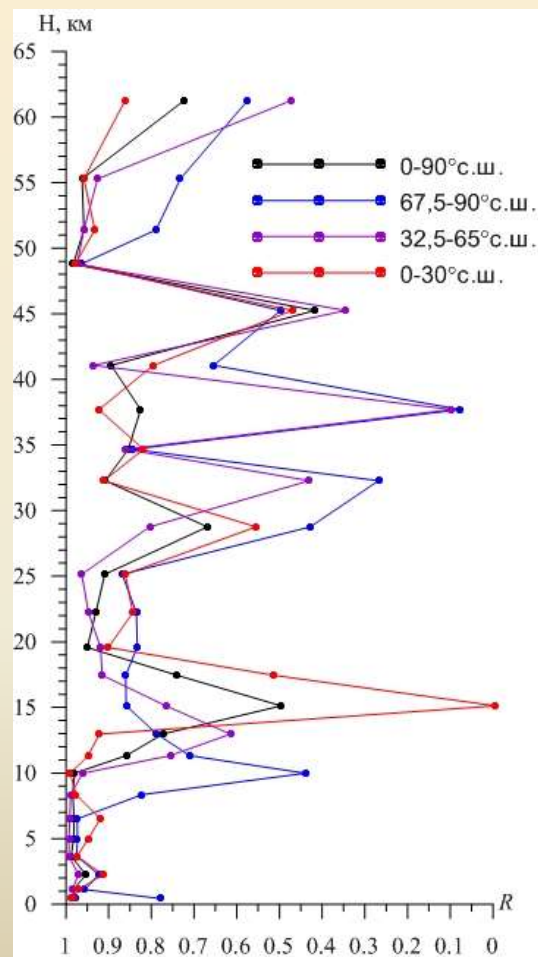




Коэффициенты корреляции временных рядов осредненной по СП (0-90°с.ш.), полярной (65-90°с.ш.) и умеренной (30-65°с.ш.) зонам январской (слева) и июльской (справа) температур воздуха (1979-2016 гг.) на соседних изобарических поверхностях.

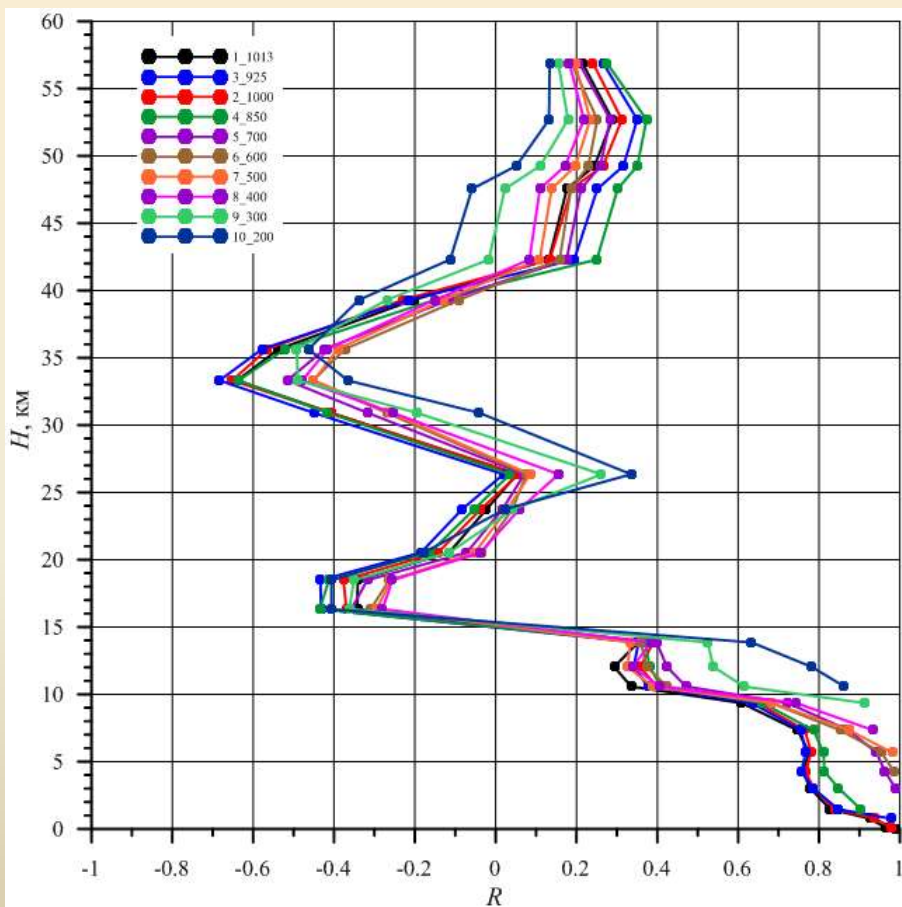


Январь

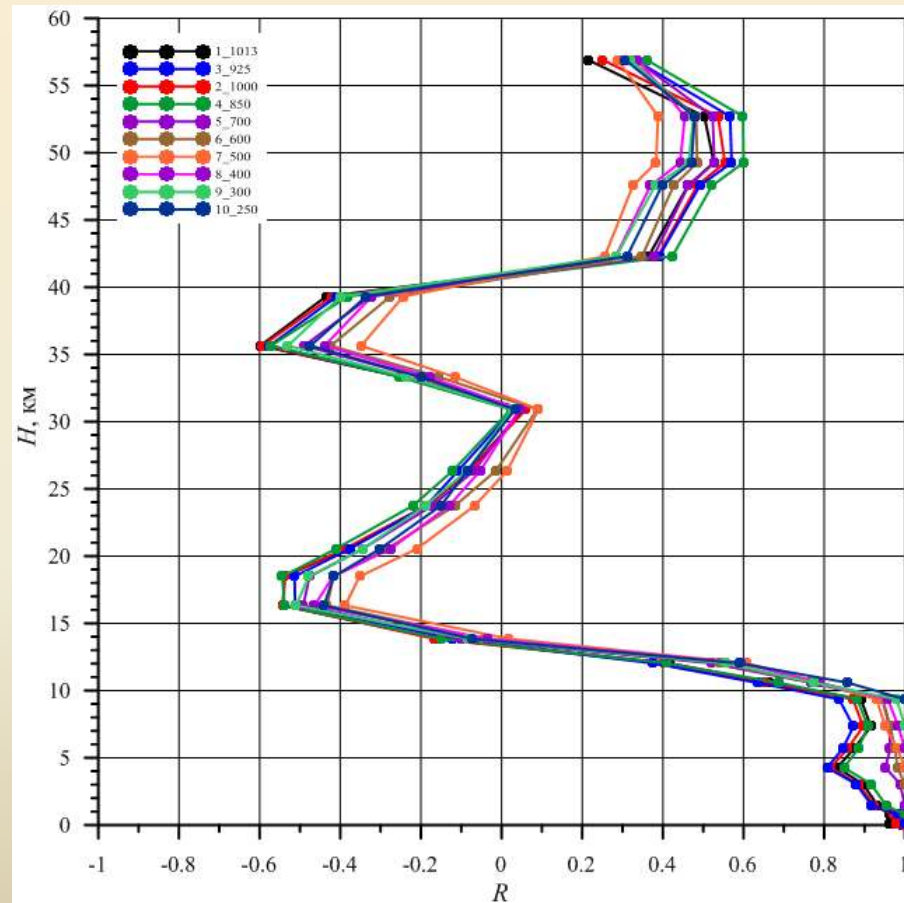


Июль

Коэффициенты корреляции временных рядов осредненной по СП (0-90°с.ш.), январской (слева) и июльской (справа) температур воздуха (1979-2016 гг.) на нижних поверхностях тропосферы и вышележащих изобарических поверхностях.

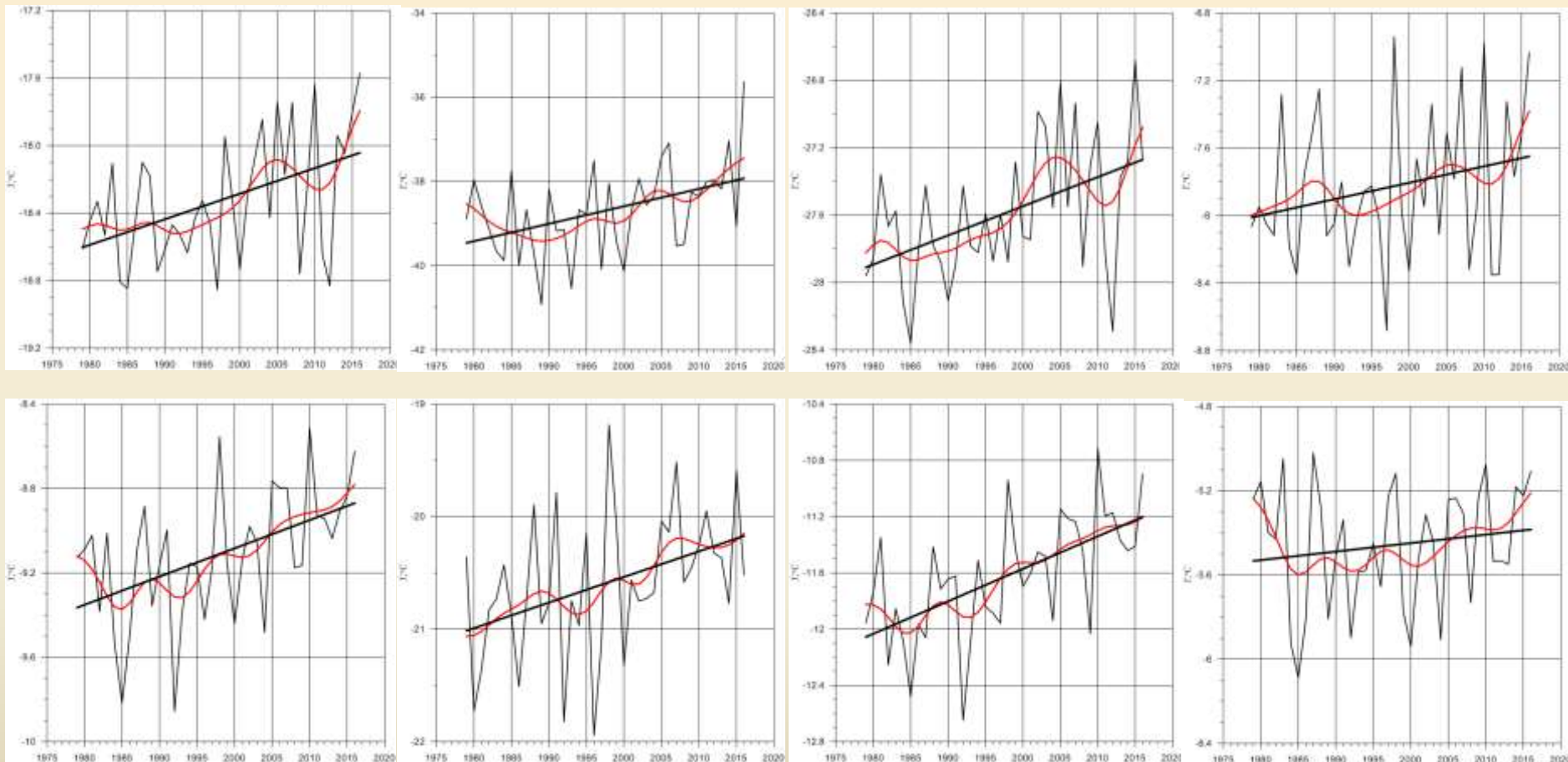


Январь



Июль

Многолетний ход температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на уровне 500 гПа.  
Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
Январь (вверху), июль (внизу)



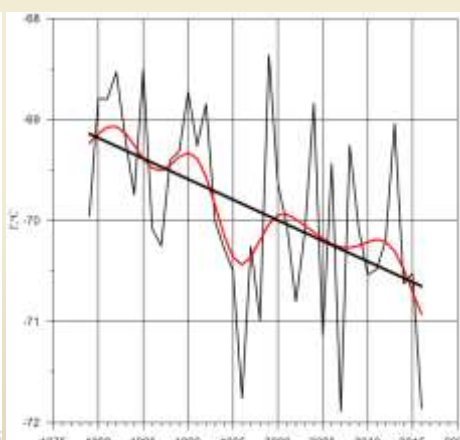
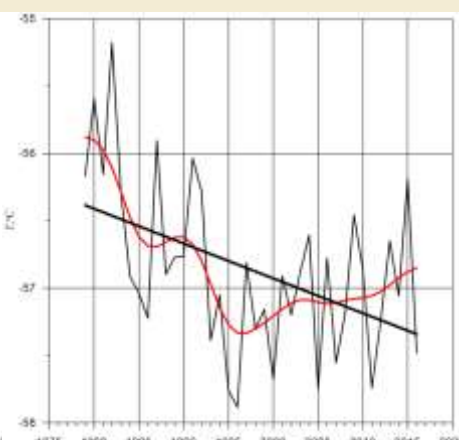
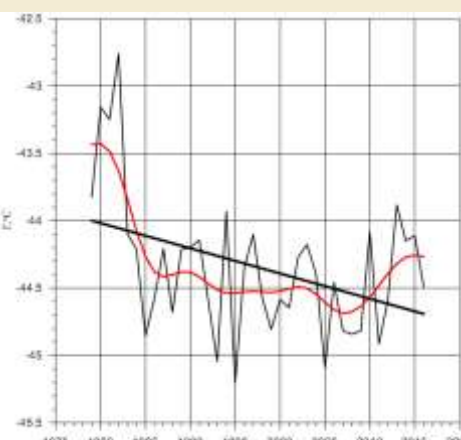
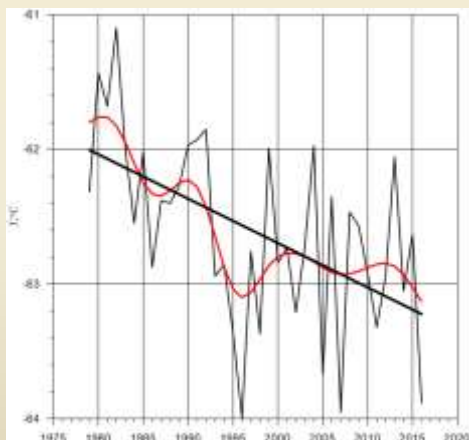
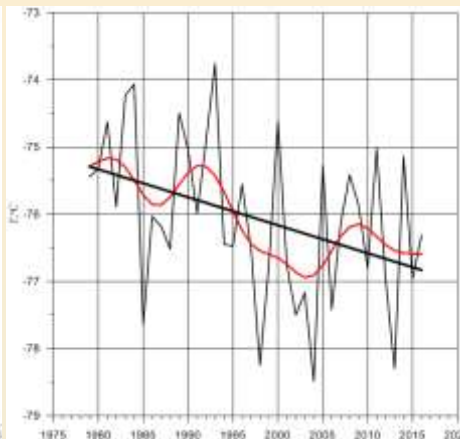
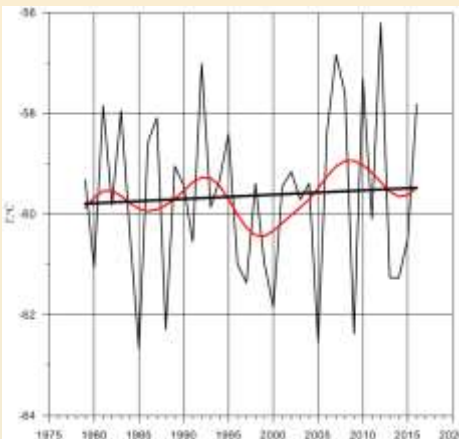
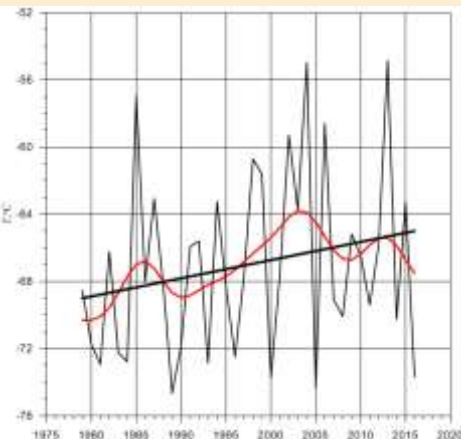
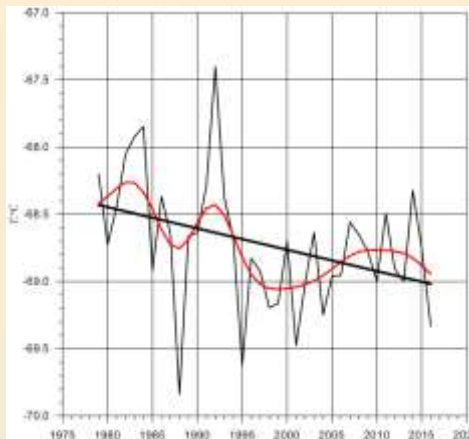
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Многолетний ход температуры воздуха (°C) на уровне 70 гПа.  
Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
Январь (вверху), июль (внизу)



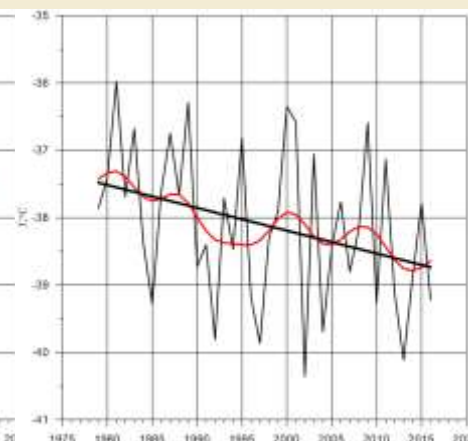
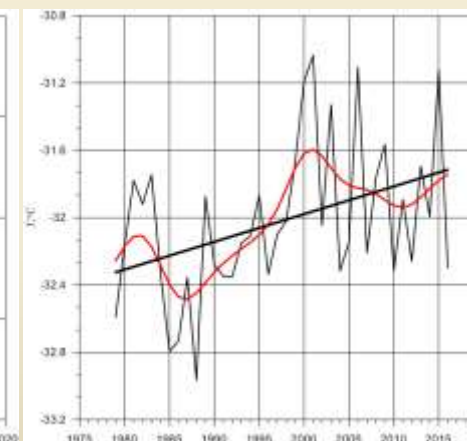
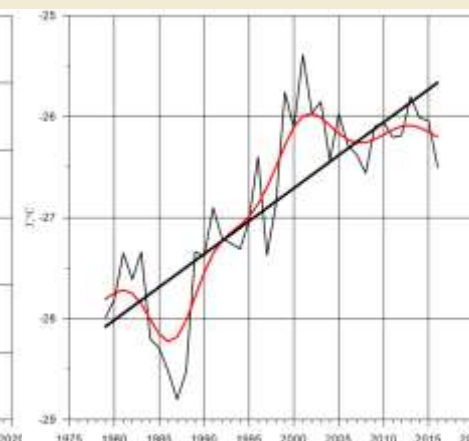
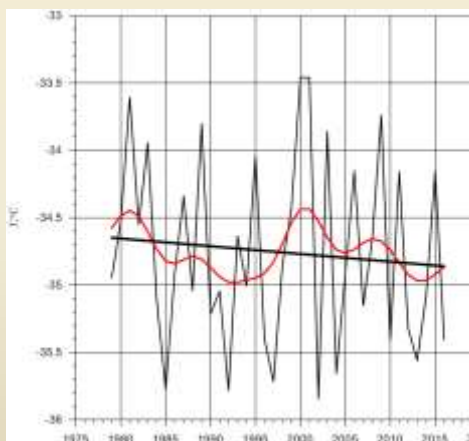
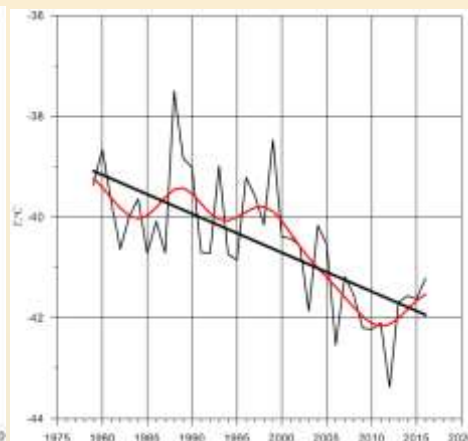
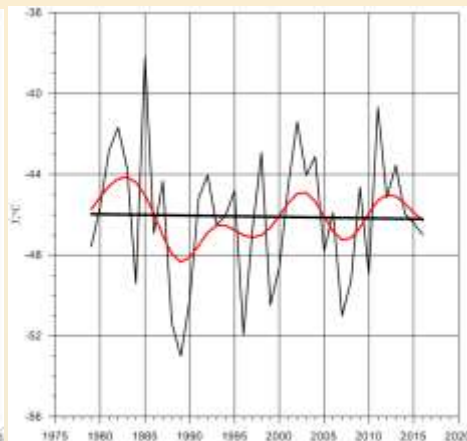
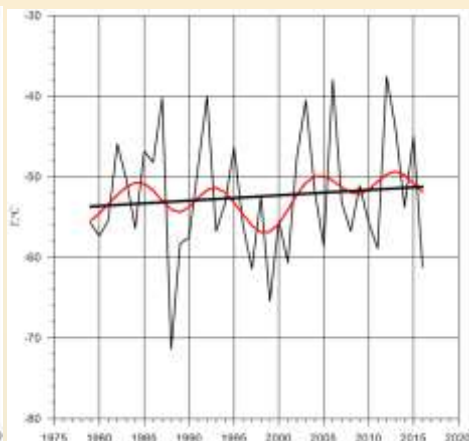
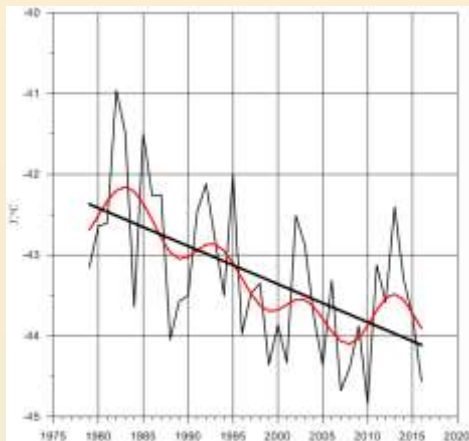
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Многолетний ход температуры воздуха (°C) на уровне 7 гПа.  
Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
Январь (вверху), июль (внизу)



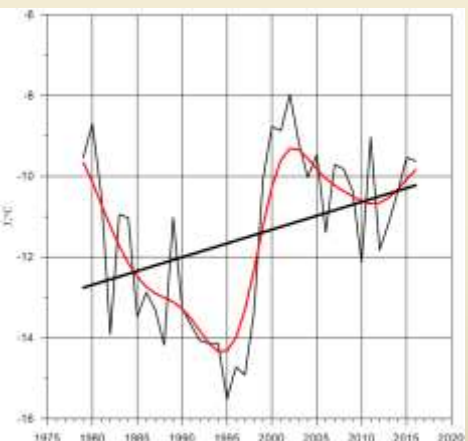
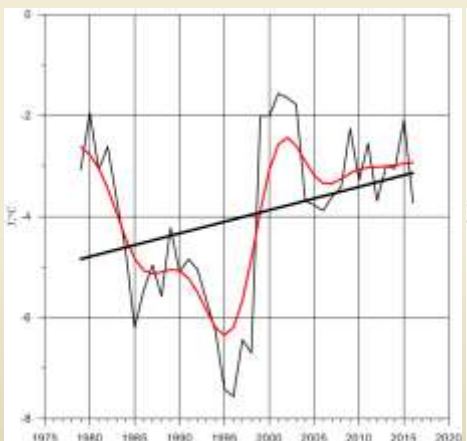
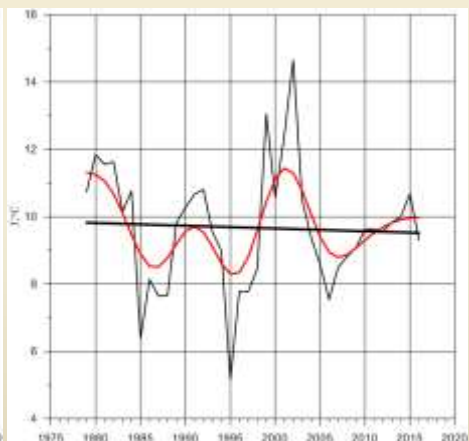
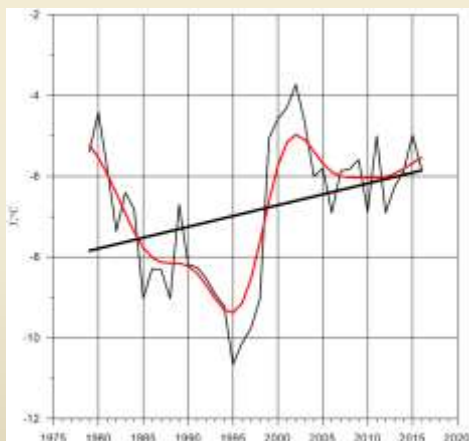
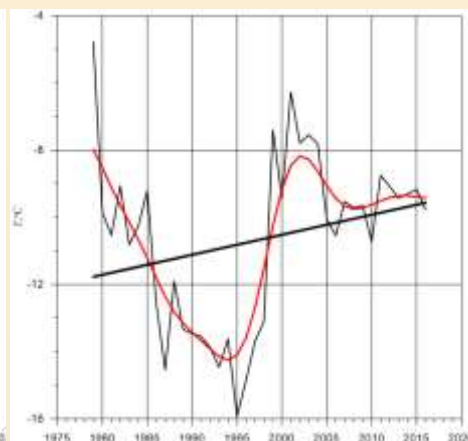
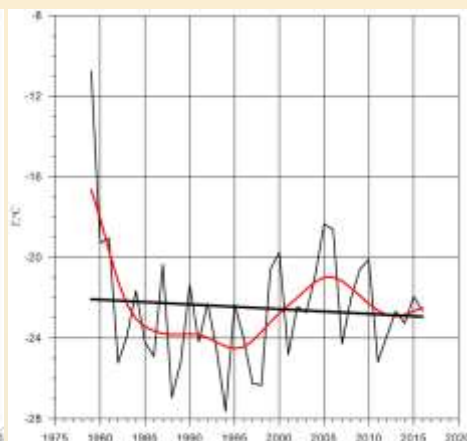
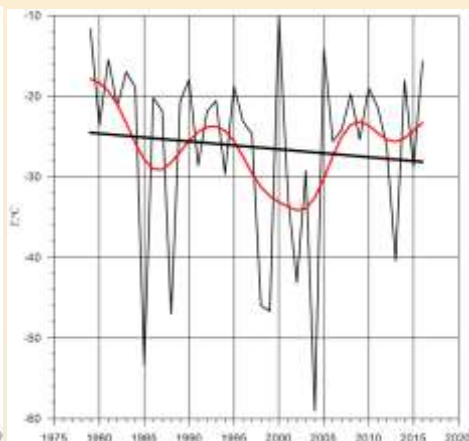
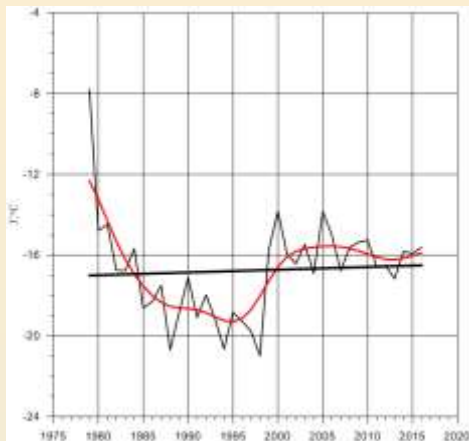
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Многолетний ход температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на уровне 1 гПа.  
Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
Январь (вверху), июль (внизу)



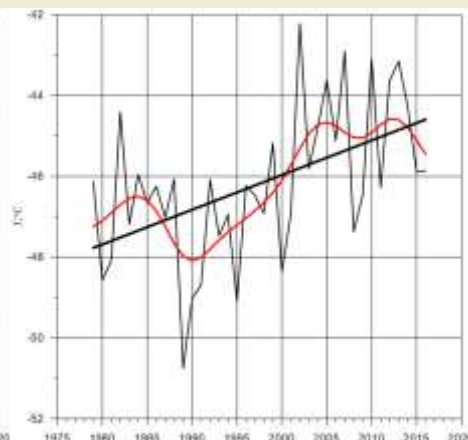
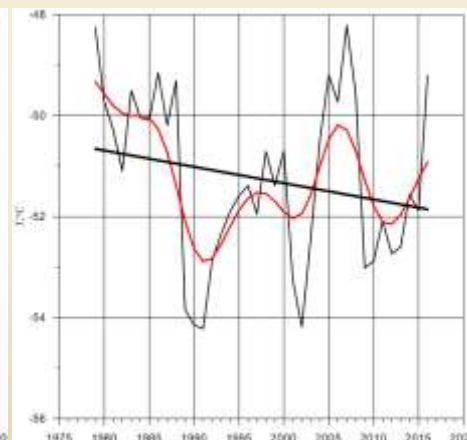
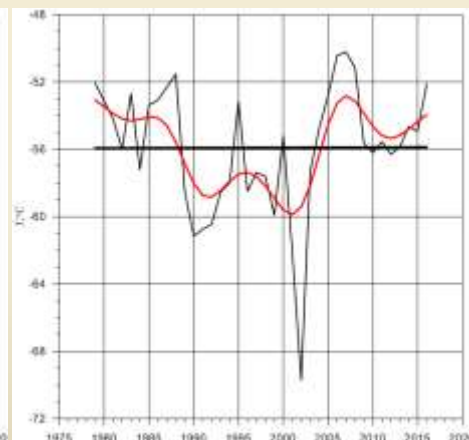
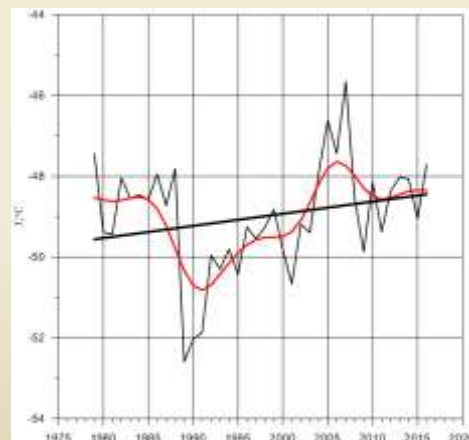
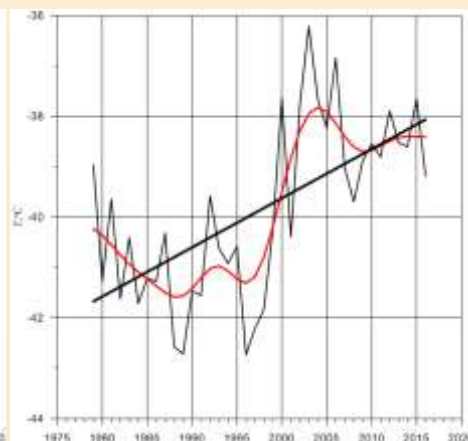
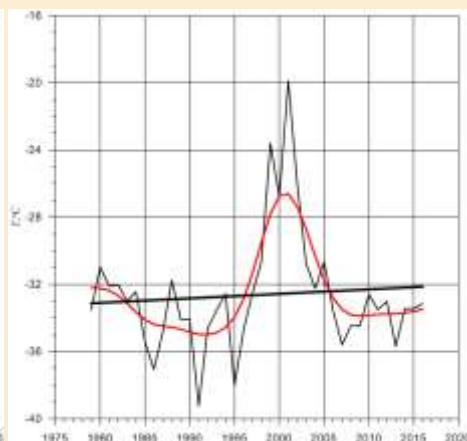
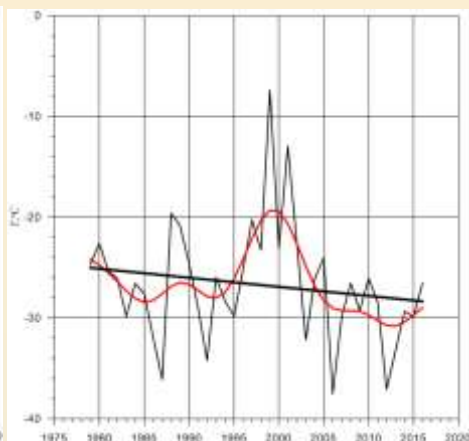
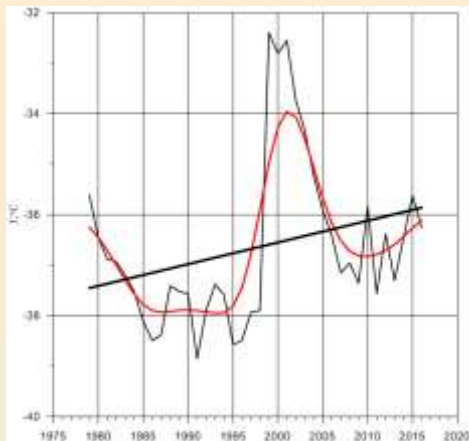
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Многолетний ход температуры воздуха (°C) на уровне 0,1 гПа.  
Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
Январь (вверху), июль (внизу)



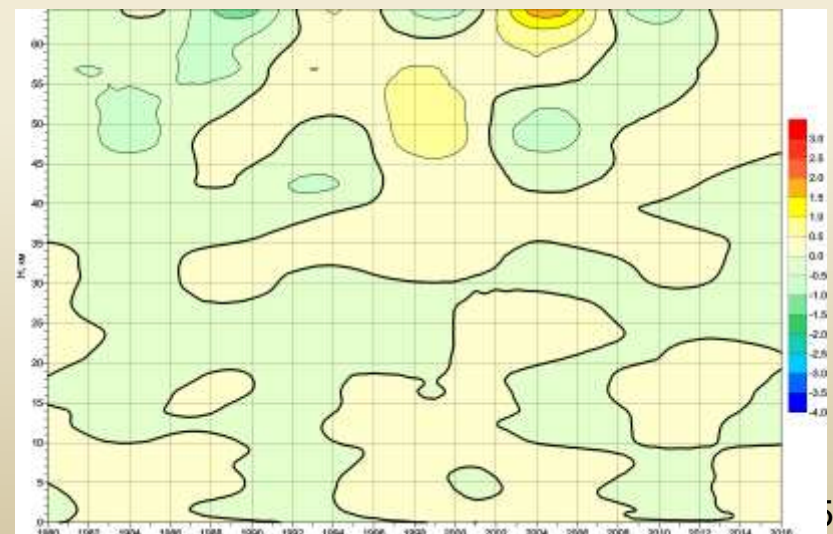
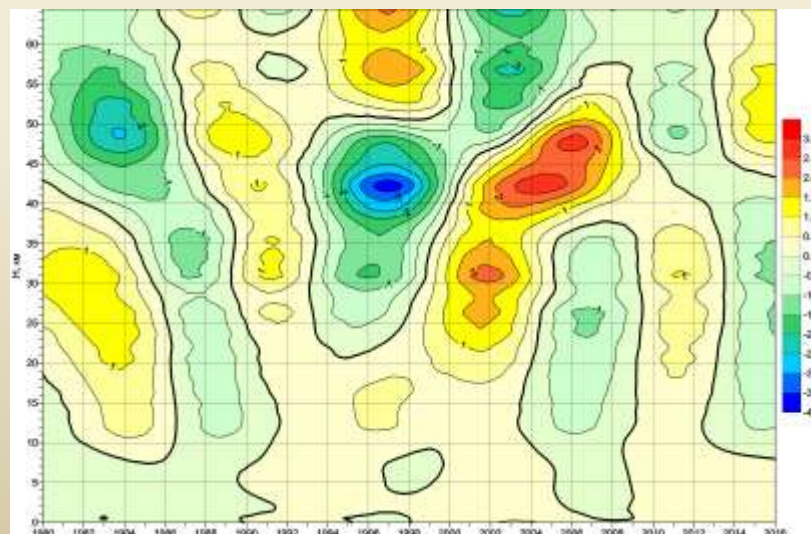
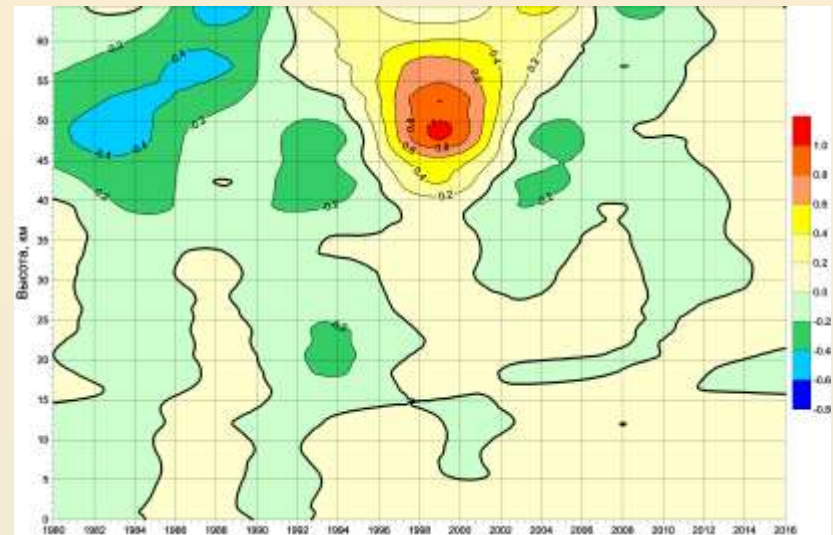
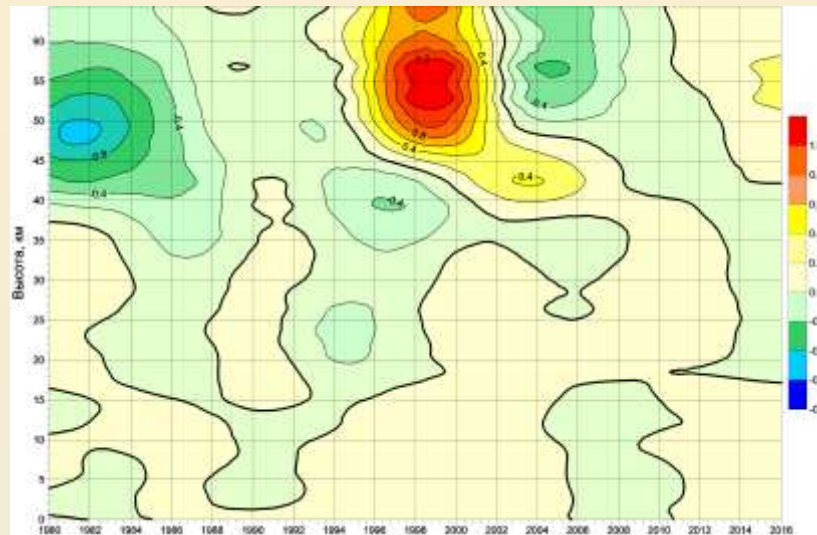
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Вертикальный разрез многолетнего хода первых разностей НЧК с периодом более 10 лет температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) Северного полушария в целом (вверху) и полярной зоны.

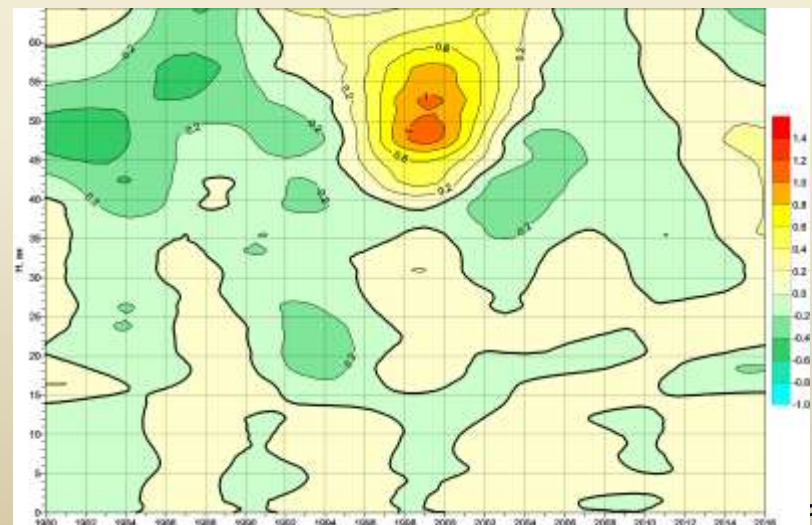
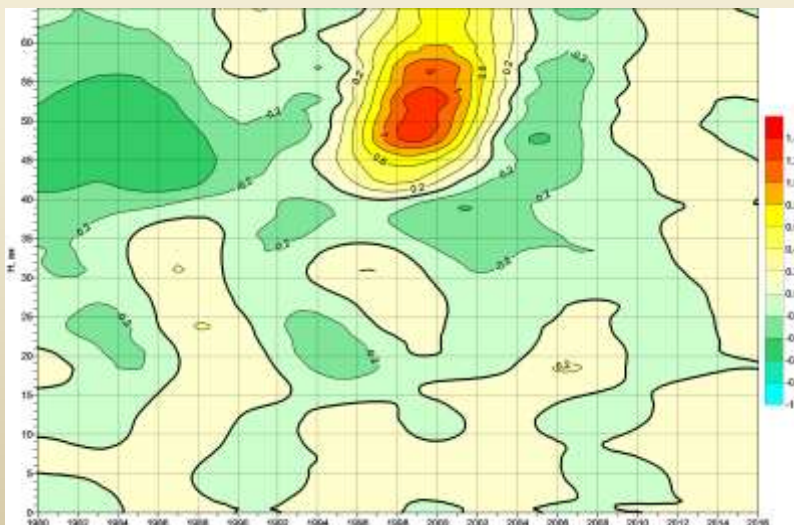
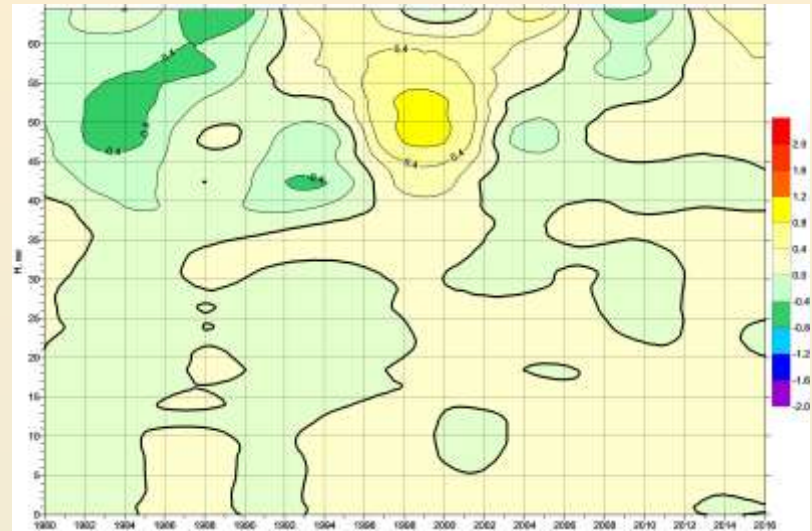
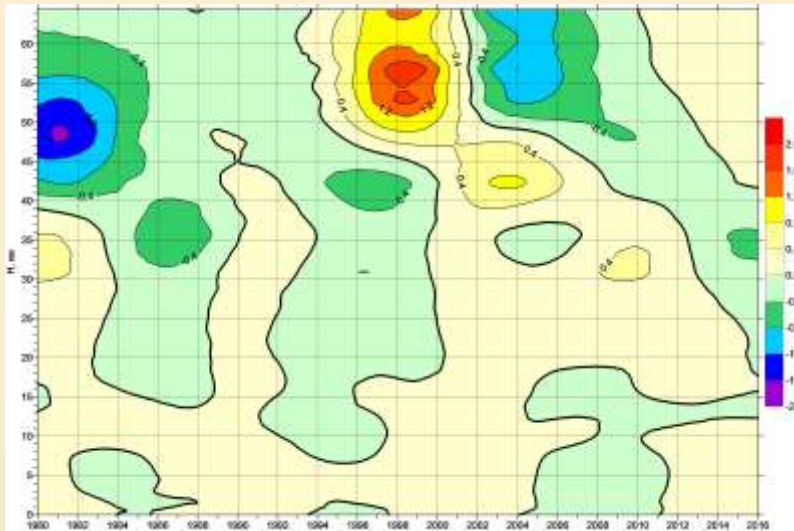


Январь

Июль



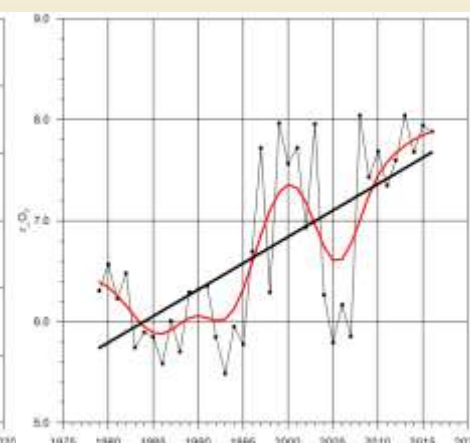
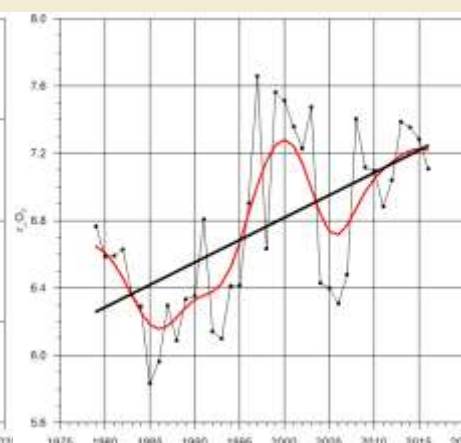
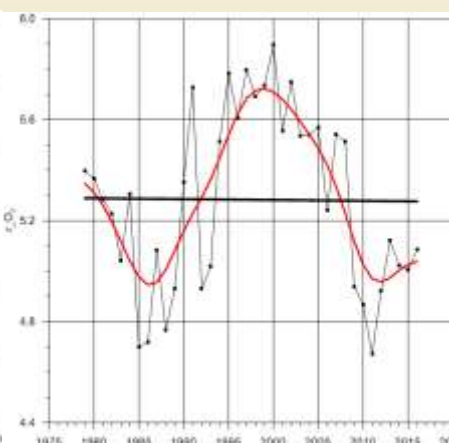
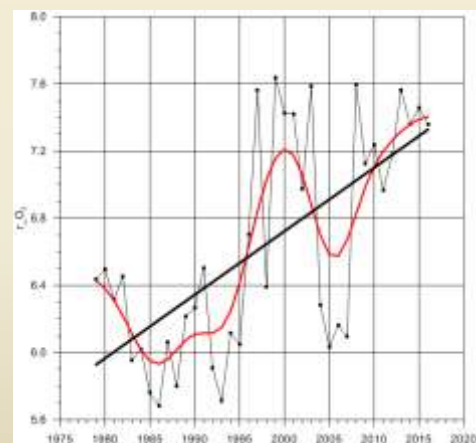
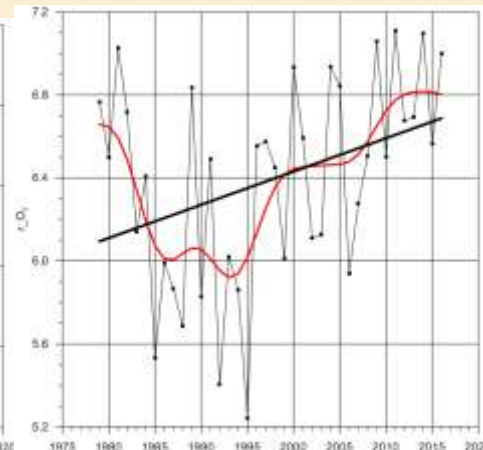
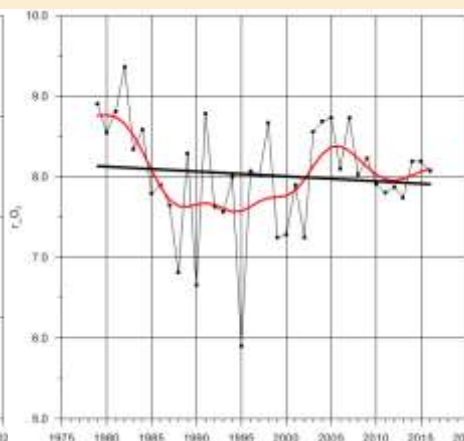
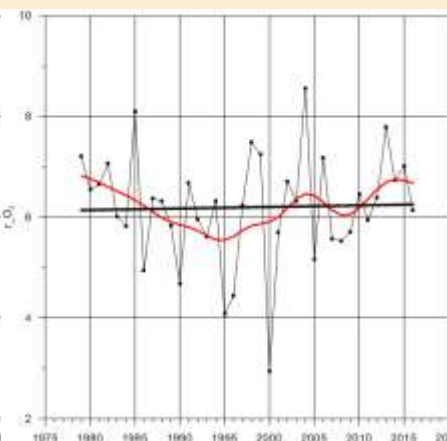
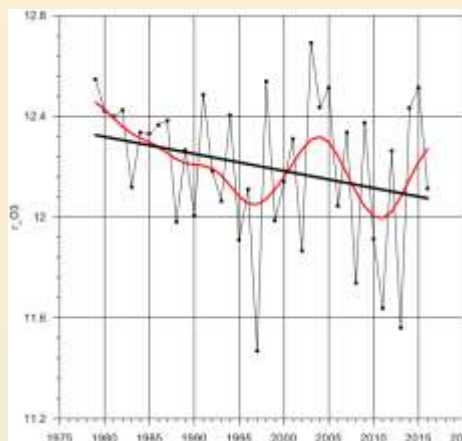
Вертикальный разрез многолетнего хода первых разностей НЧК с периодом более 10 лет температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) умеренной (вверху) и тропической зоны Северного полушария.



Январь

Июль

Многолетний ход отношения смеси озона ( $10^{-6}/\text{год}$ ) на уровне 30 гПа.  
 Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
 Январь (вверху), июль (внизу)



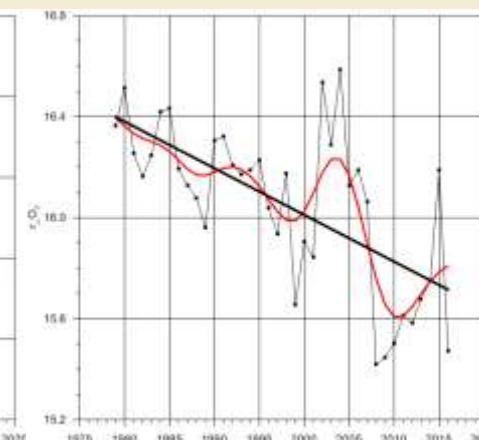
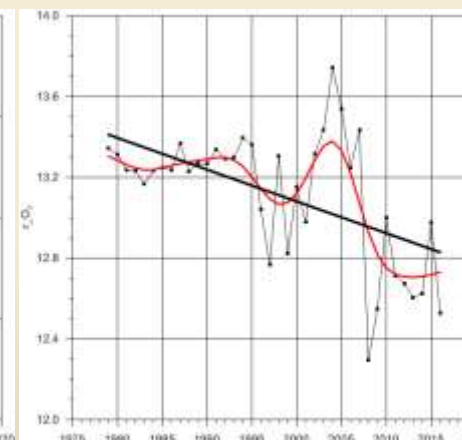
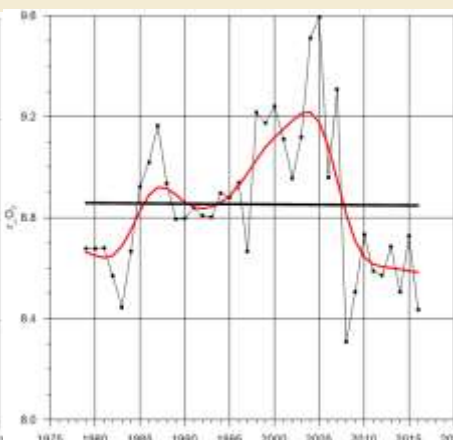
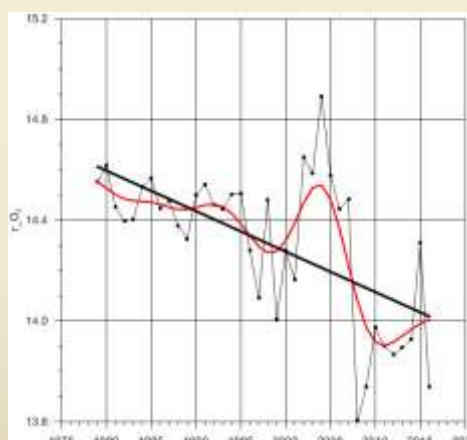
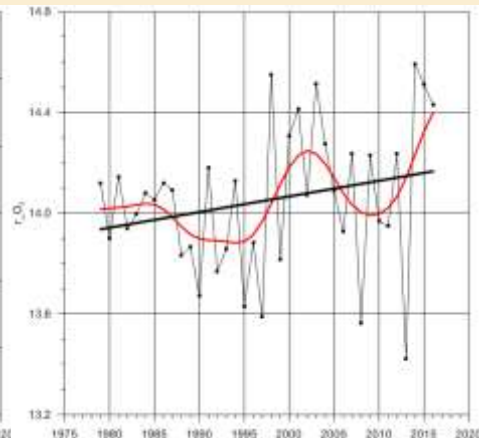
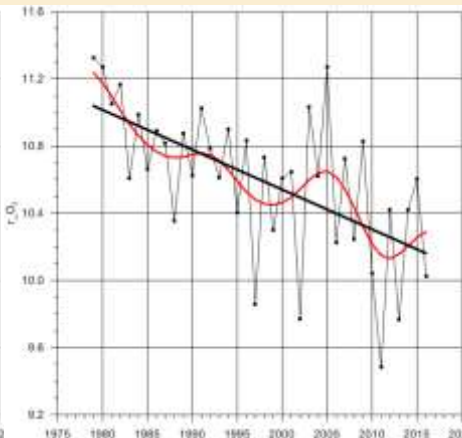
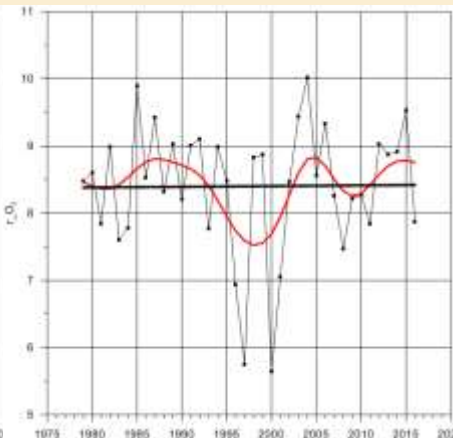
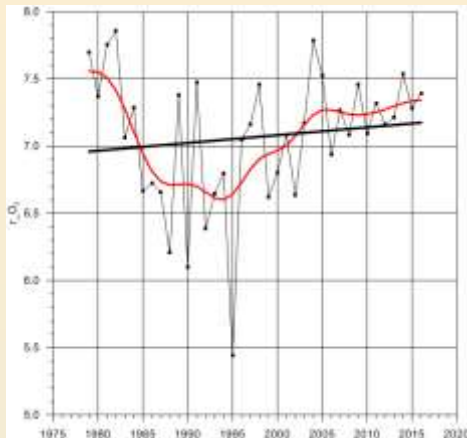
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Многолетний ход отношения смеси озона ( $10^{-6}/\text{год}$ ) на уровне 10 гПа.  
 Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
 Январь (вверху), июль (внизу)



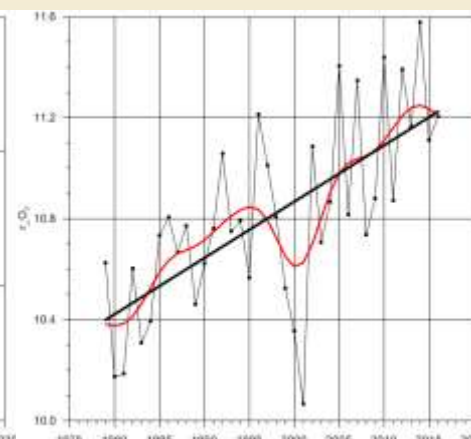
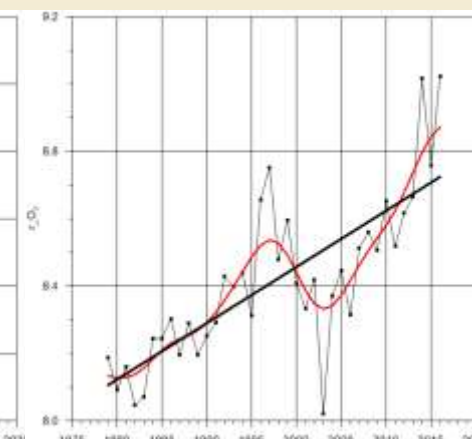
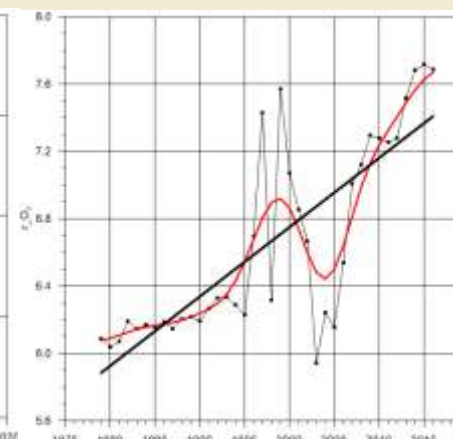
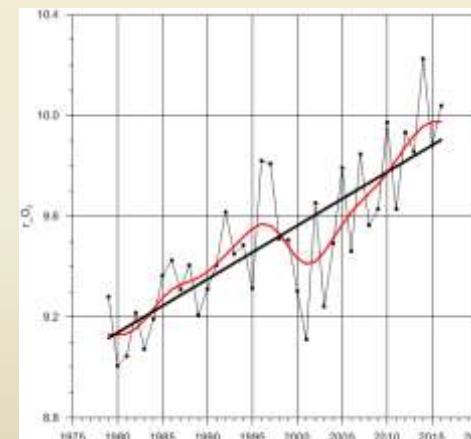
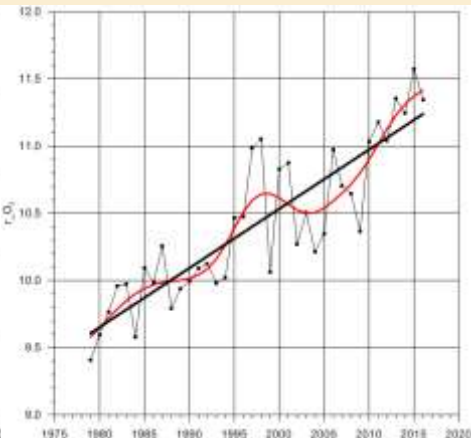
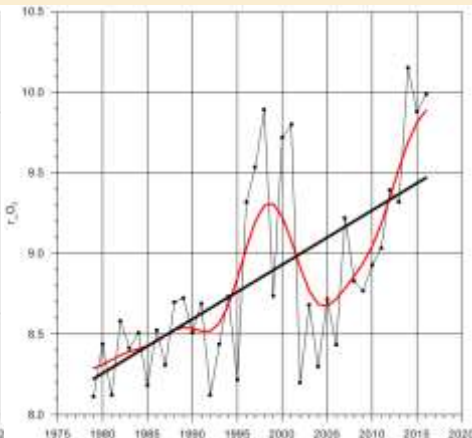
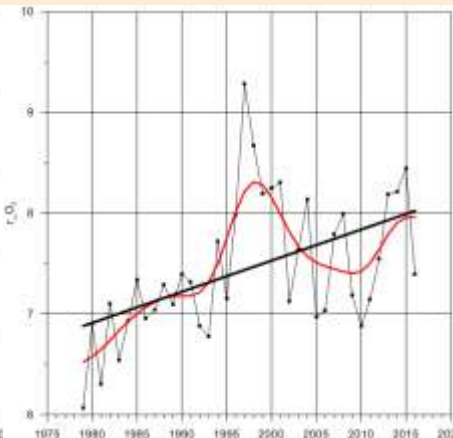
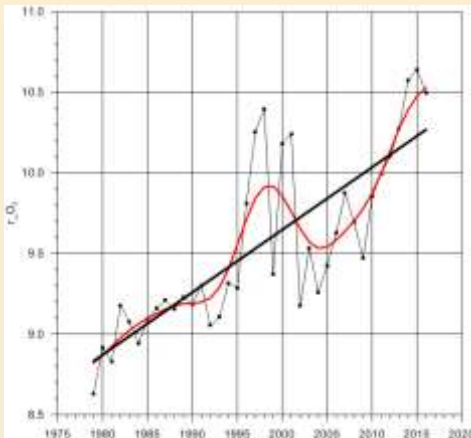
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

Многолетний ход отношения смеси озона ( $10^{-6}/\text{год}$ ) на уровне 3 гПа.  
 Исходный ряд, линейный тренд, НЧК с периодом более 10 лет  
 Январь (вверху), июль (внизу)



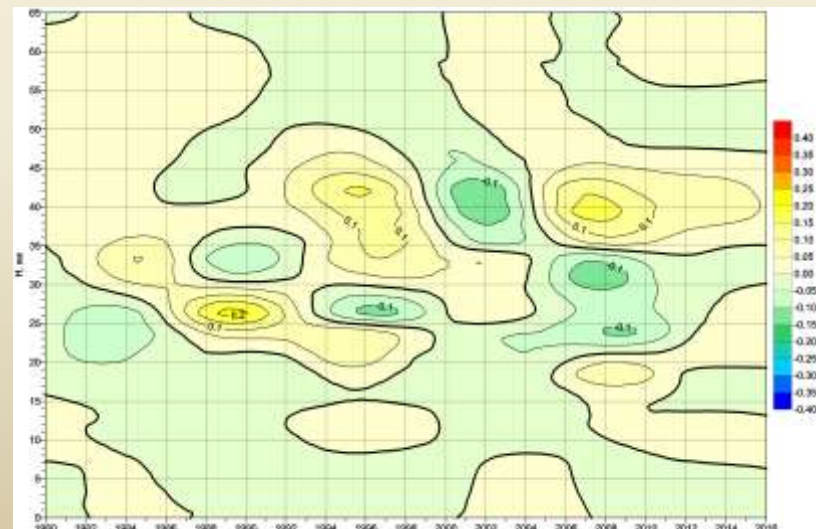
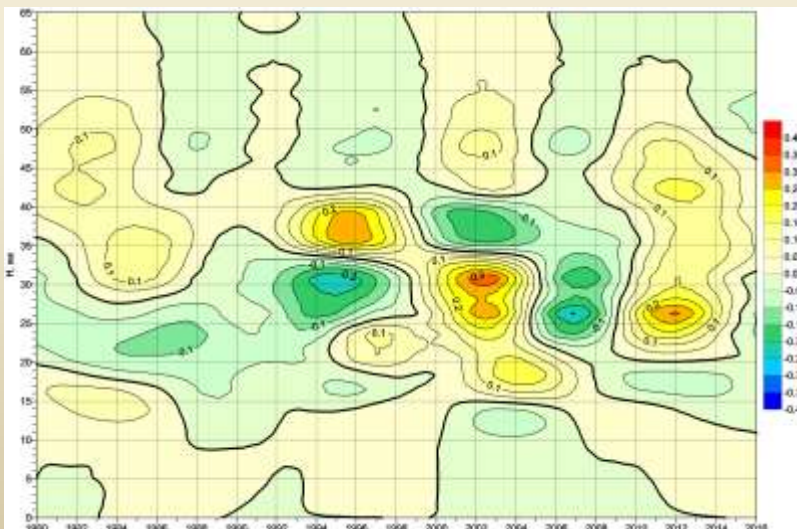
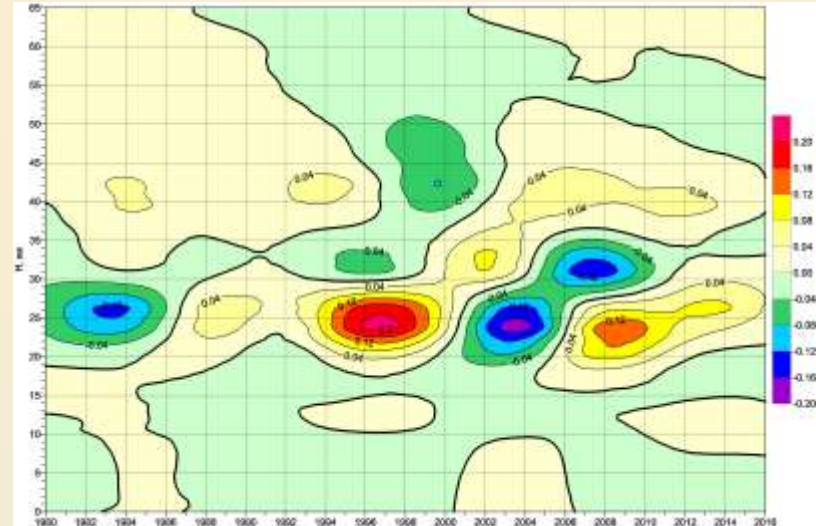
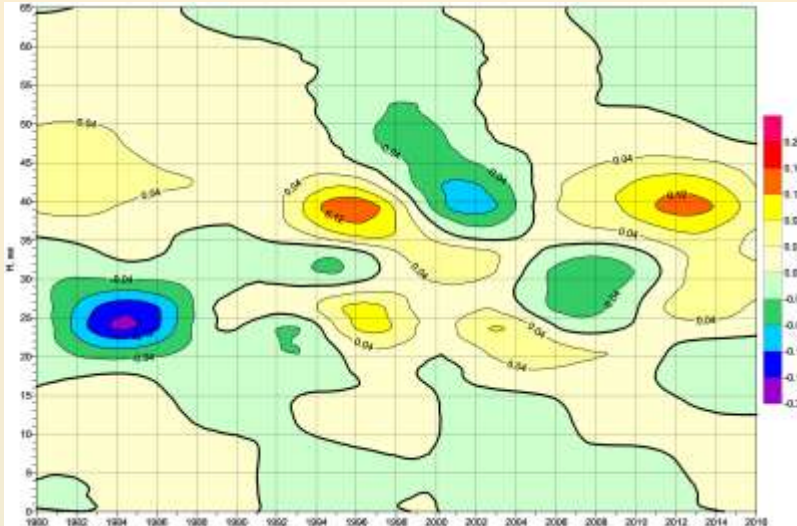
Северное полушарие

Полярная зона

Умеренная зона

Тропическая зона

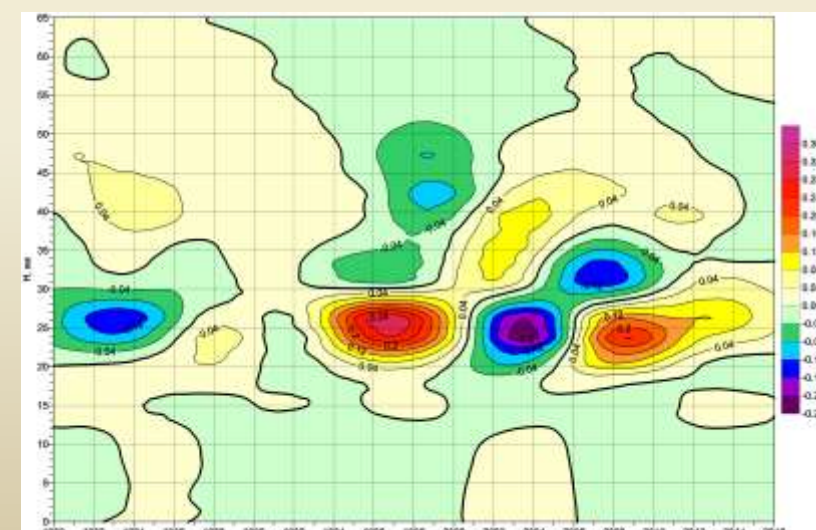
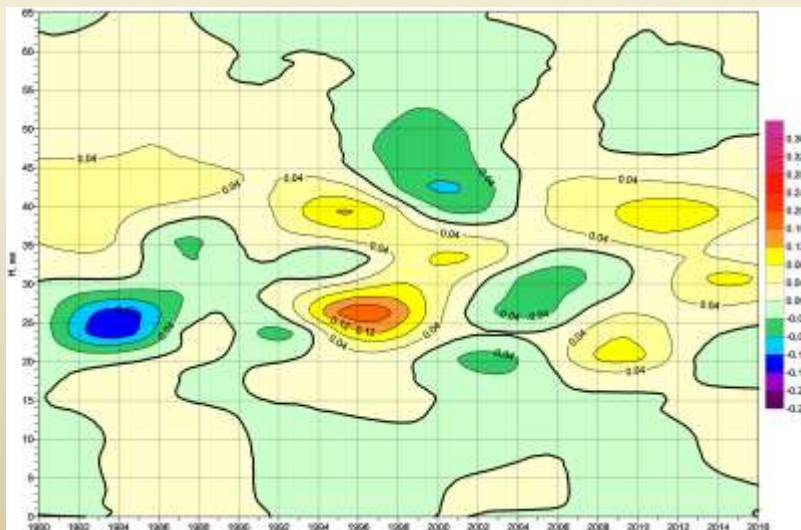
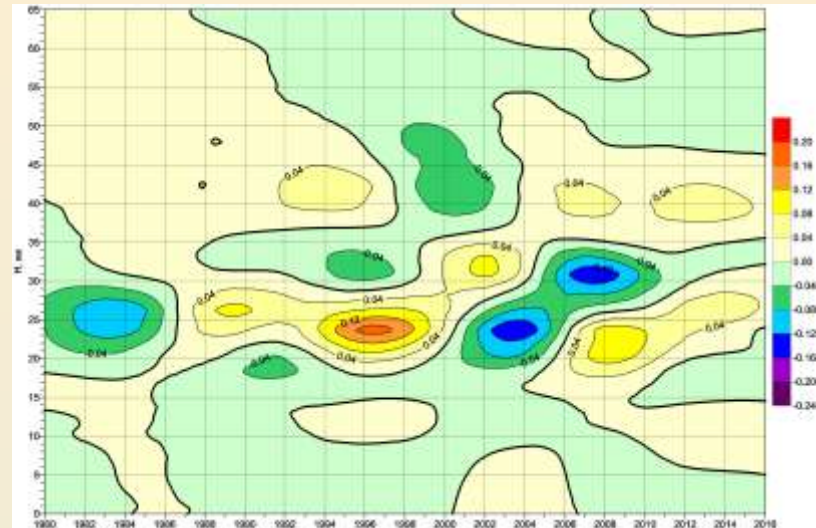
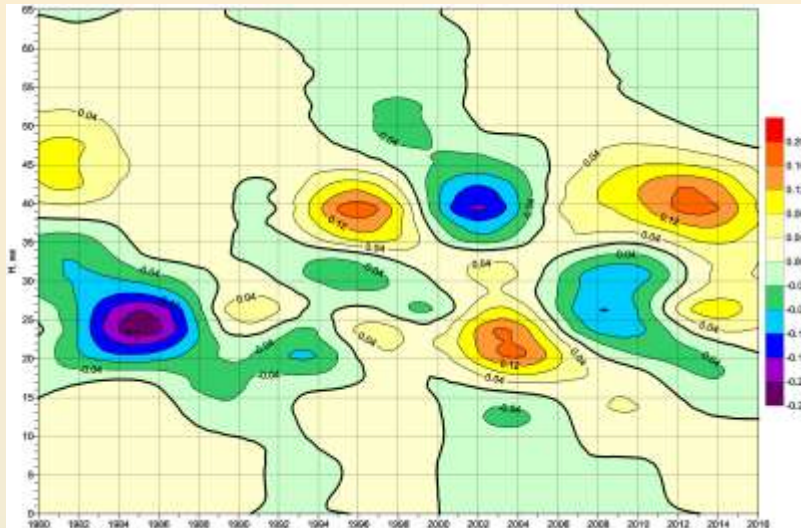
Вертикальный разрез многолетнего хода первых разностей НЧК с периодом более 10 лет отношения смеси озона ( $10^{-6}/\text{год}$ ) всего Северного полушария и полярной зоны (внизу).



Январь

Июль

Вертикальный разрез многолетнего хода первых разностей НЧК с периодом более 10 лет отношения смеси озона ( $10^{-6}/\text{год}$ ) умеренной и тропической (внизу) зон Северного полушария.



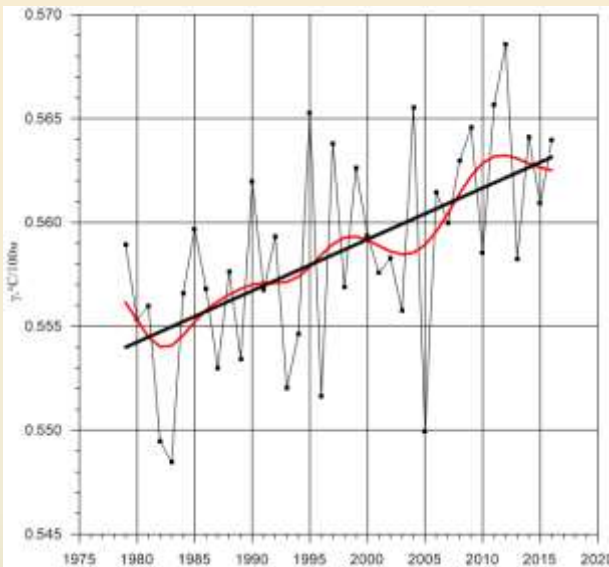
Январь

Июль

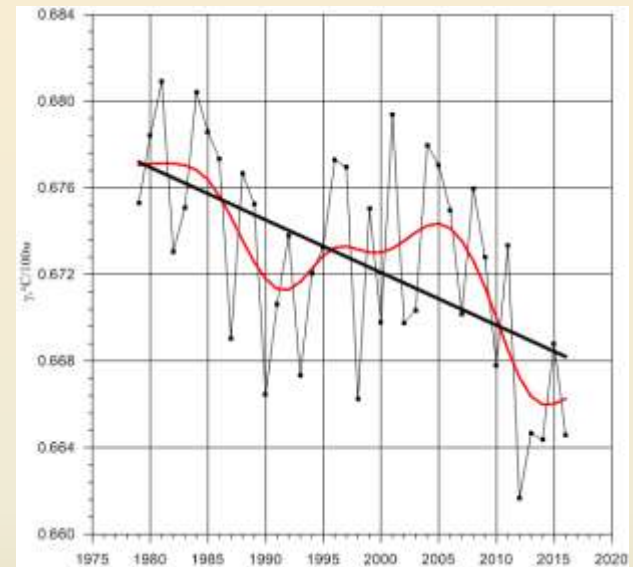
$P_1$	$P_2$	$\Delta v$	Rms	A	R <sup>2</sup> L	R <sup>2</sup> F
1000	925	0,55	0,013	0,0003	-1	40
925	850	0,38	0,011	0,0004	8	41
850	700	0,43	0,011	0,0000	-5	17
700	600	0,56	0,005	0,0002	27	39
600	500	0,61	0,005	0,0000	-5	38
500	400	0,67	0,005	-0,0002	25	53
400	300	0,67	0,008	-0,0003	13	36
300	250	0,55	0,015	0,0001	-5	19
250	200	0,40	0,017	0,0005	5	27
200	150	0,35	0,010	-0,0001	-5	21
150	100	0,33	0,013	-0,0002	-2	33
100	70	-0,03	0,032	0,0017	31	43
70	50	-0,22	0,013	0,0004	9	42
50	30	-0,16	0,011	-0,0003	5	20
30	20	-0,14	0,012	-0,0005	16	42
20	10	-0,15	0,010	-0,0002	-2	27
10	7	-0,24	0,026	0,0020	73	81
7	5	-0,28	0,030	0,0024	72	75
5	3	-0,24	0,025	0,0003	-4	57
3	2	-0,19	0,039	-0,0015	13	66
2	1	-0,12	0,038	-0,0017	21	72
1	0,8	-0,07	0,035	-0,0014	13	69
0,8	0,51	0,00	0,029	-0,0010	11	69
0,51	0,29	0,15	0,015	-0,0004	4	57
0,29	0,1	0,19	0,013	0,0005	13	82

Средние многолетние значения вертикальных градиентов температуры и средних квадратических отклонений(°C/100 м), и величины коэффициентов наклона линейных трендов (°C/100 м/год), коэффициенты детерминации линейного тренда и НЧК с периодом более 10 лет 25 слоев тропо- стратосферы за период с 1979 по 2016 гг.

Северное полушарие. Январь.



700-600 гПа

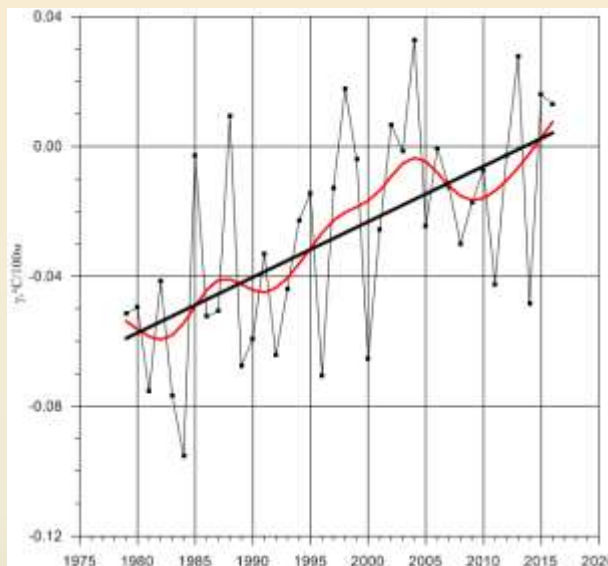


500-400 гПа

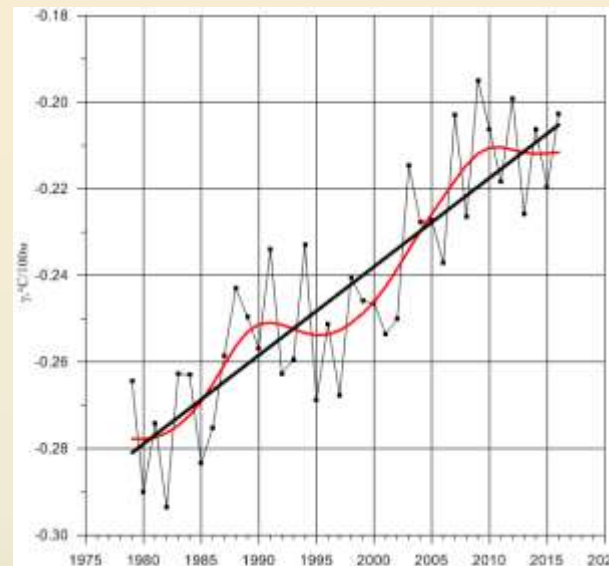
Средние многолетние значения вертикальных градиентов температуры и средних квадратических отклонений ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ ), и величины коэффициентов наклона линейных трендов ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м/год}$ ), коэффициенты детерминации линейного тренда и НЧК с периодом более 10 лет 25 слоев тропо- стратосферы за период с 1979 по 2016 гг.

Северное полушарие. Январь.

$P_1$	$P_2$	$A_v$	Rms	A	R <sup>2</sup> L	R <sup>2</sup> F
1000	925	0,55	0,013	0,0003	-1	40
925	850	0,38	0,011	0,0004	8	41
850	700	0,43	0,011	0,0000	-5	17
700	600	0,56	0,005	0,0002	27	39
600	500	0,61	0,005	0,0000	-5	38
500	400	0,67	0,005	-0,0002	25	53
400	300	0,67	0,008	-0,0003	13	36
300	250	0,55	0,015	0,0001	-5	19
250	200	0,40	0,017	0,0005	5	27
200	150	0,35	0,010	-0,0001	-5	21
150	100	0,33	0,013	-0,0002	-2	33
100	70	-0,03	0,032	0,0017	31	43
70	50	-0,22	0,013	0,0004	9	42
50	30	-0,16	0,011	-0,0003	5	20
30	20	-0,14	0,012	-0,0005	16	42
20	10	-0,15	0,010	-0,0002	-2	27
10	7	-0,24	0,026	0,0020	73	81
7	5	-0,28	0,030	0,0024	72	75
5	3	-0,24	0,025	0,0003	-4	57
3	2	-0,19	0,039	-0,0015	13	66
2	1	-0,12	0,038	-0,0017	21	72
1	0,8	-0,07	0,035	-0,0014	13	69
0,8	0,51	0,00	0,029	-0,0010	11	69
0,51	0,29	0,15	0,015	-0,0004	4	57
0,29	0,1	0,19	0,013	0,0005	13	82



100-70 гПа



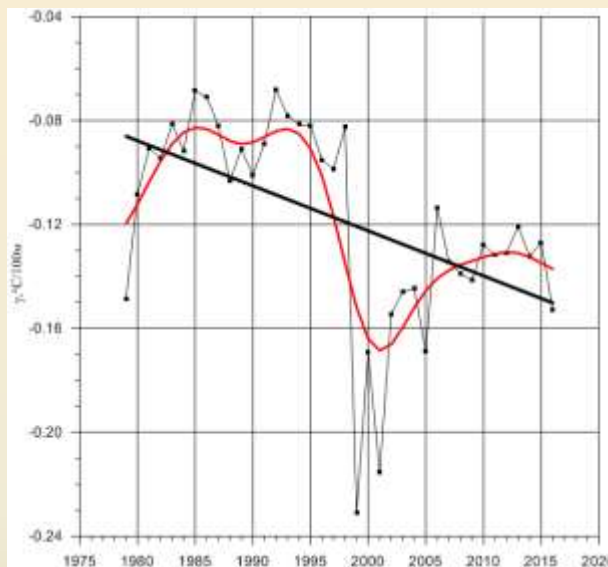
10-7 гПа



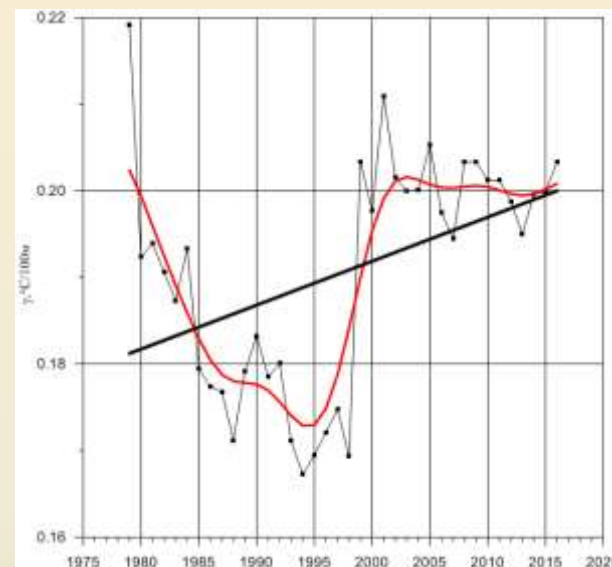
Средние многолетние значения вертикальных градиентов температуры и средних квадратических отклонений ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ ), и величины коэффициентов наклона линейных трендов ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м/год}$ ), коэффициенты детерминации линейного тренда и НЧК с периодом более 10 лет 25 слоев тропо- стратосферы за период с 1979 по 2016 гг.

Северное полушарие. Январь.

$P_1$	$P_2$	$A_v$	$R_{ms}$	$A$	$R^2_L$	$R^2_F$
1000	925	0,55	0,013	0,0003	-1	40
925	850	0,38	0,011	0,0004	8	41
850	700	0,43	0,011	0,0000	-5	17
700	600	0,56	0,005	0,0002	27	39
600	500	0,61	0,005	0,0000	-5	38
500	400	0,67	0,005	-0,0002	25	53
400	300	0,67	0,008	-0,0003	13	36
300	250	0,55	0,015	0,0001	-5	19
250	200	0,40	0,017	0,0005	5	27
200	150	0,35	0,010	-0,0001	-5	21
150	100	0,33	0,013	-0,0002	-2	33
100	70	-0,03	0,032	0,0017	31	43
70	50	-0,22	0,013	0,0004	9	42
50	30	-0,16	0,011	-0,0003	5	20
30	20	-0,14	0,012	-0,0005	16	42
20	10	-0,15	0,010	-0,0002	-2	27
10	7	-0,24	0,026	0,0020	73	81
7	5	-0,28	0,030	0,0024	72	75
5	3	-0,24	0,025	0,0003	-4	57
3	2	-0,19	0,039	-0,0015	13	66
2	1	-0,12	0,038	-0,0017	21	72
1	0,8	-0,07	0,035	-0,0014	13	69
0,8	0,51	0,00	0,029	-0,0010	11	69
0,51	0,29	0,15	0,015	-0,0004	4	57
0,29	0,1	0,19	0,013	0,0005	13	82



2 - 1 гПа

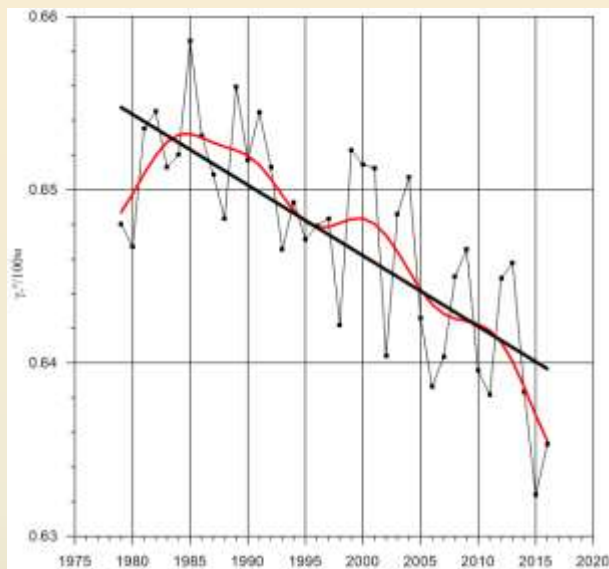


0,29 - 0,1 гПа

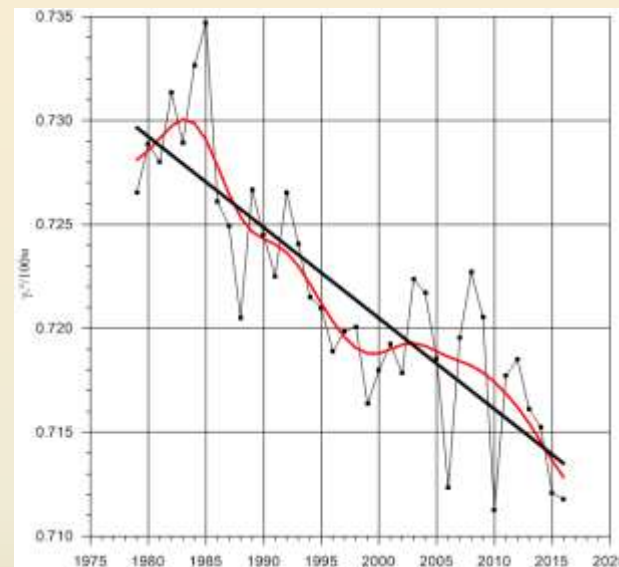
Средние многолетние значения вертикальных градиентов температуры и средних квадратических отклонений ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ ), и величины коэффициентов наклона линейных трендов ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м/год}$ ), коэффициенты детерминации линейного тренда и НЧК с периодом более 10 лет 25 слоев тропо- стратосферы за период с 1979 по 2016 гг.

Северное полушарие. Июль.

$P_1$	$P_2$	$\Delta v$	Rms	A	$R^2L$	$R^2F$
				-		
1000	925	0,53	0,01	0,0004	11	58
925	850	0,48	0,01	0,0001	-1	46
850	700	0,53	0,01	0,0002	7	27
700	600	0,60	0,00	0,0001	3	30
600	500	0,58	0,00	0,0002	12	43
				-		
500	400	0,65	0,01	0,0004	53	70
				-		
400	300	0,72	0,01	0,0004	70	81
300	250	0,68	0,01	0,0002	4	36
250	200	0,54	0,01	0,0008	42	51
200	150	0,47	0,01	0,0003	4	40
150	100	0,27	0,02	0,0004	1	39
				-		
100	70	-0,19	0,02	0,0013	38	57
70	50	-0,23	0,01	0,0003	2	54
				-		
50	30	-0,18	0,01	0,0004	15	29
				-		
30	20	-0,18	0,01	0,0005	18	42
20	10	-0,17	0,01	0,0000	-5	27
				-		
10	7	-0,20	0,01	0,0004	7	36
				-		
7	5	-0,25	0,02	0,0010	35	50
5	3	-0,29	0,02	0,0017	70	80
				-		
3	2	-0,22	0,02	0,0009	17	73
				-		
2	1	-0,08	0,03	0,0023	61	87
				-		
1	0,8	0,01	0,02	0,0016	58	78



500 - 400 гПа

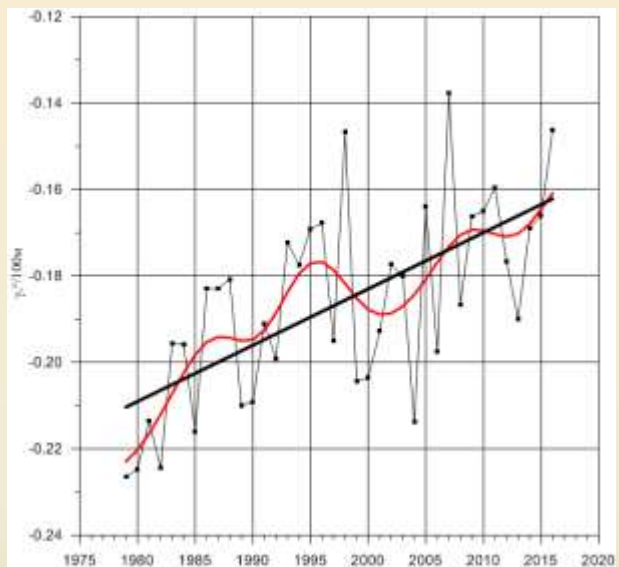


400 - 300 гПа

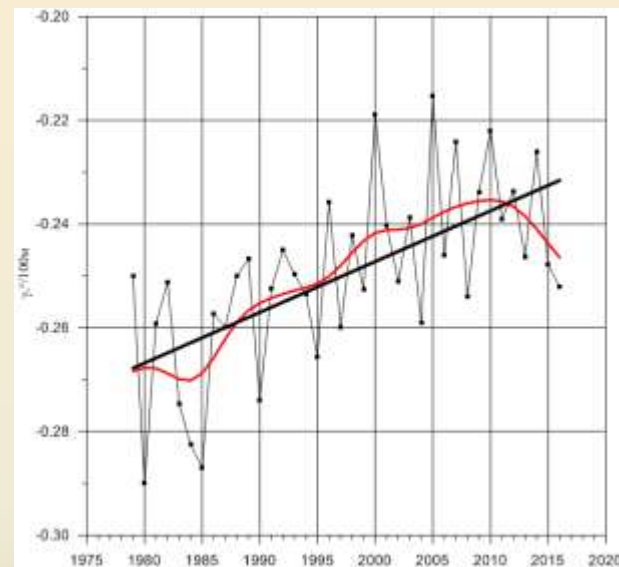
Средние многолетние значения вертикальных градиентов температуры и средних квадратических отклонений ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ ), и величины коэффициентов наклона линейных трендов ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м/год}$ ), коэффициенты детерминации линейного тренда и НЧК с периодом более 10 лет 25 слоев тропо- стратосферы за период с 1979 по 2016 гг.

Северное полушарие. Июль.

$P_1$	$P_2$	$\Delta v$	Rms	A	$R^2L$	$R^2F$
					-	
1000	925	0,53	0,01	0,0004	11	58
925	850	0,48	0,01	0,0001	-1	46
850	700	0,53	0,01	0,0002	7	27
700	600	0,60	0,00	0,0001	3	30
600	500	0,58	0,00	0,0002	12	43
					-	
500	400	0,65	0,01	0,0004	53	70
					-	
400	300	0,72	0,01	0,0004	70	81
300	250	0,68	0,01	0,0002	4	36
250	200	0,54	0,01	0,0008	42	51
200	150	0,47	0,01	0,0003	4	40
150	100	0,27	0,02	0,0004	1	39
					-	
100	70	-0,19	0,02	0,0013	38	57
70	50	-0,23	0,01	0,0003	2	54
					-	
50	30	-0,18	0,01	0,0004	15	29
					-	
30	20	-0,18	0,01	0,0005	18	42
20	10	-0,17	0,01	0,0000	-5	27
					-	
10	7	-0,20	0,01	0,0004	7	36
					-	
7	5	-0,25	0,02	0,0010	35	50
5	3	-0,29	0,02	0,0017	70	80
					-	
3	2	-0,22	0,02	0,0009	17	73
					-	
2	1	-0,08	0,03	0,0023	61	87
					-	
1	0,8	0,01	0,02	0,0016	58	78



100 - 70 гПа

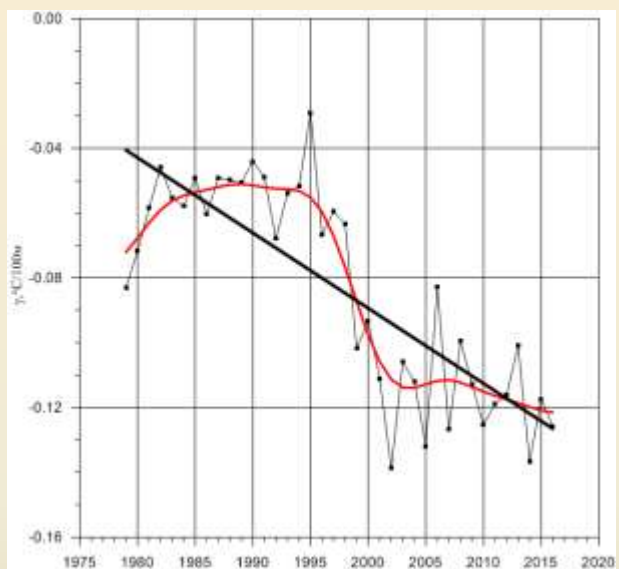


7 - 5 гПа

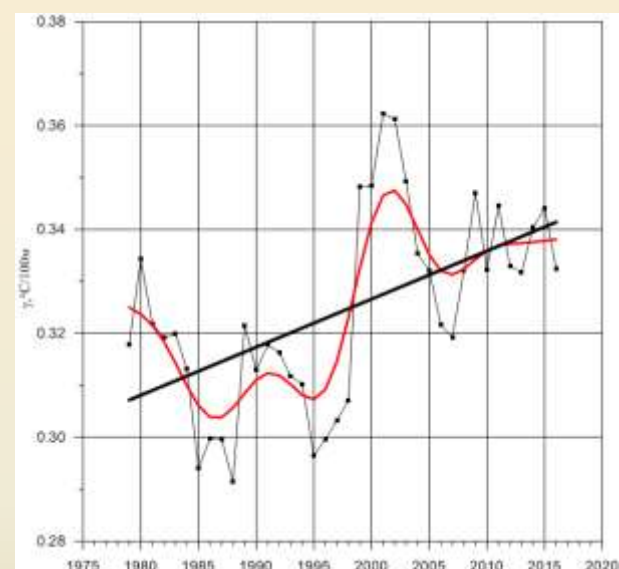
Средние многолетние значения вертикальных градиентов температуры и средних квадратических отклонений ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ ), и величины коэффициентов наклона линейных трендов ( $^{\circ}\text{C}/100\text{ м/год}$ ), коэффициенты детерминации линейного тренда и НЧК с периодом более 10 лет 25 слоев тропо- стратосферы за период с 1979 по 2016 гг.

Северное полушарие. Июль.

$P_1$	$P_2$	$\Delta v$	Rms	A	$R^2L$	$R^2F$
					-	
1000	925	0,53	0,01	0,0004	11	58
925	850	0,48	0,01	0,0001	-1	46
850	700	0,53	0,01	0,0002	7	27
700	600	0,60	0,00	0,0001	3	30
600	500	0,58	0,00	0,0002	12	43
					-	
500	400	0,65	0,01	0,0004	53	70
					-	
400	300	0,72	0,01	0,0004	70	81
300	250	0,68	0,01	0,0002	4	36
250	200	0,54	0,01	0,0008	42	51
200	150	0,47	0,01	0,0003	4	40
150	100	0,27	0,02	0,0004	1	39
					-	
100	70	-0,19	0,02	0,0013	38	57
70	50	-0,23	0,01	0,0003	2	54
					-	
50	30	-0,18	0,01	0,0004	15	29
					-	
30	20	-0,18	0,01	0,0005	18	42
20	10	-0,17	0,01	0,0000	-5	27
					-	
10	7	-0,20	0,01	0,0004	7	36
					-	
7	5	-0,25	0,02	0,0010	35	50
5	3	-0,29	0,02	0,0017	70	80
					-	
3	2	-0,22	0,02	0,0009	17	73
					-	
2	1	-0,08	0,03	0,0023	61	87
					-	
1	0,8	0,01	0,02	0,0016	58	78



2 - 1 гПа



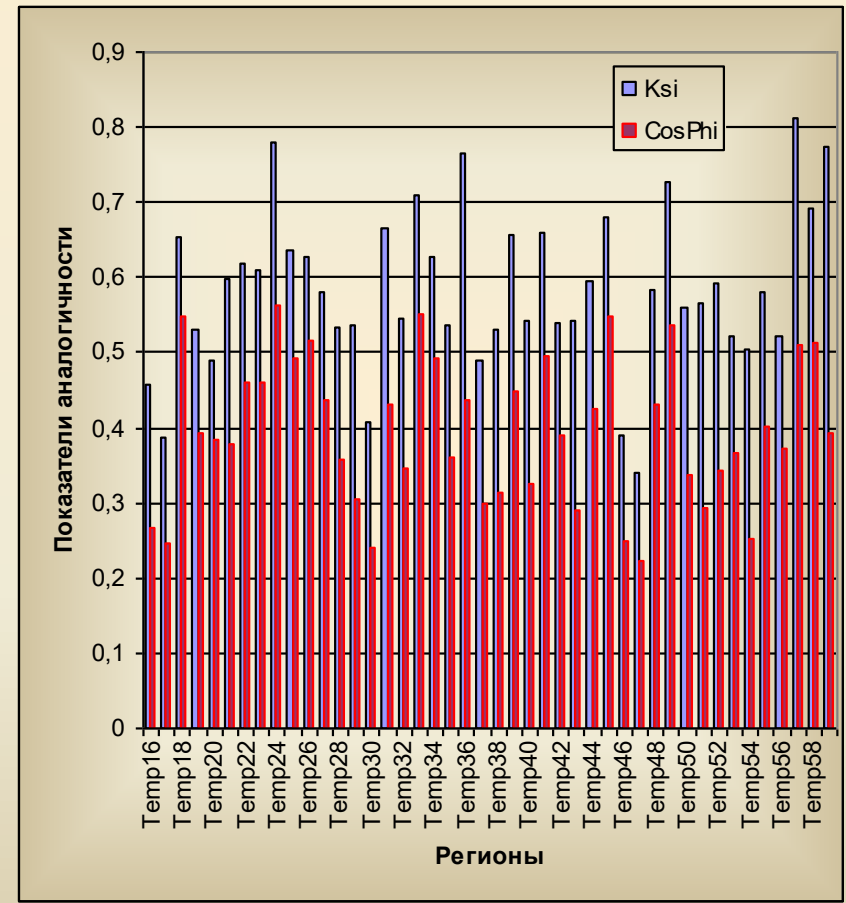
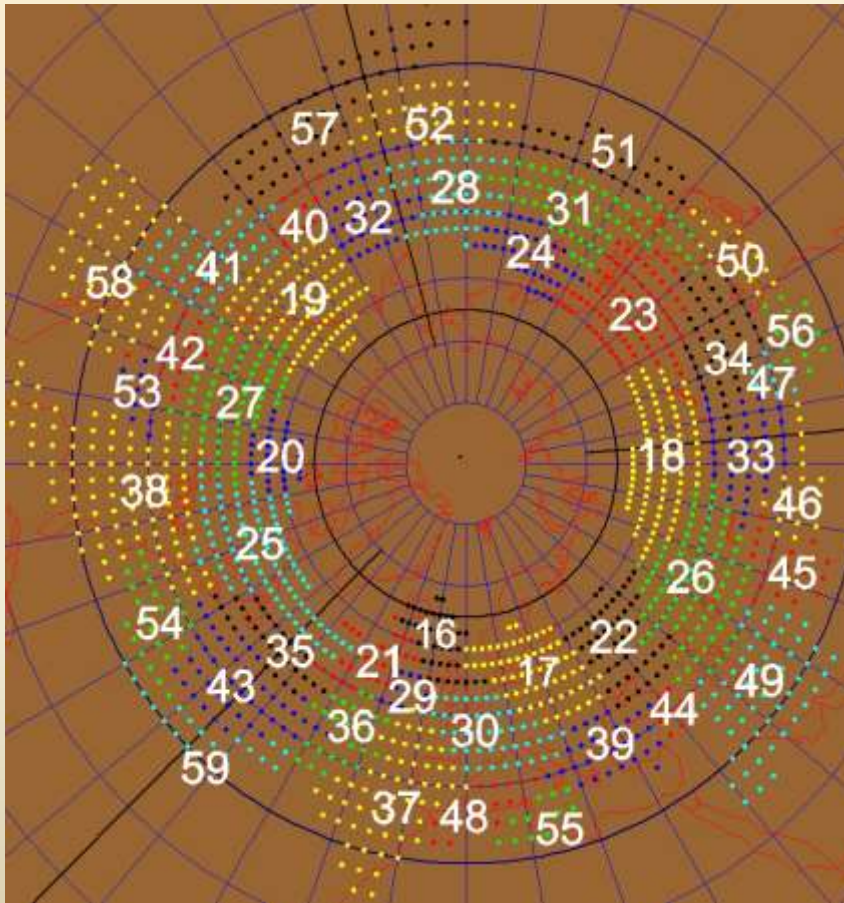
0,29 – 0,1 гПа

## Показатель аналогичности

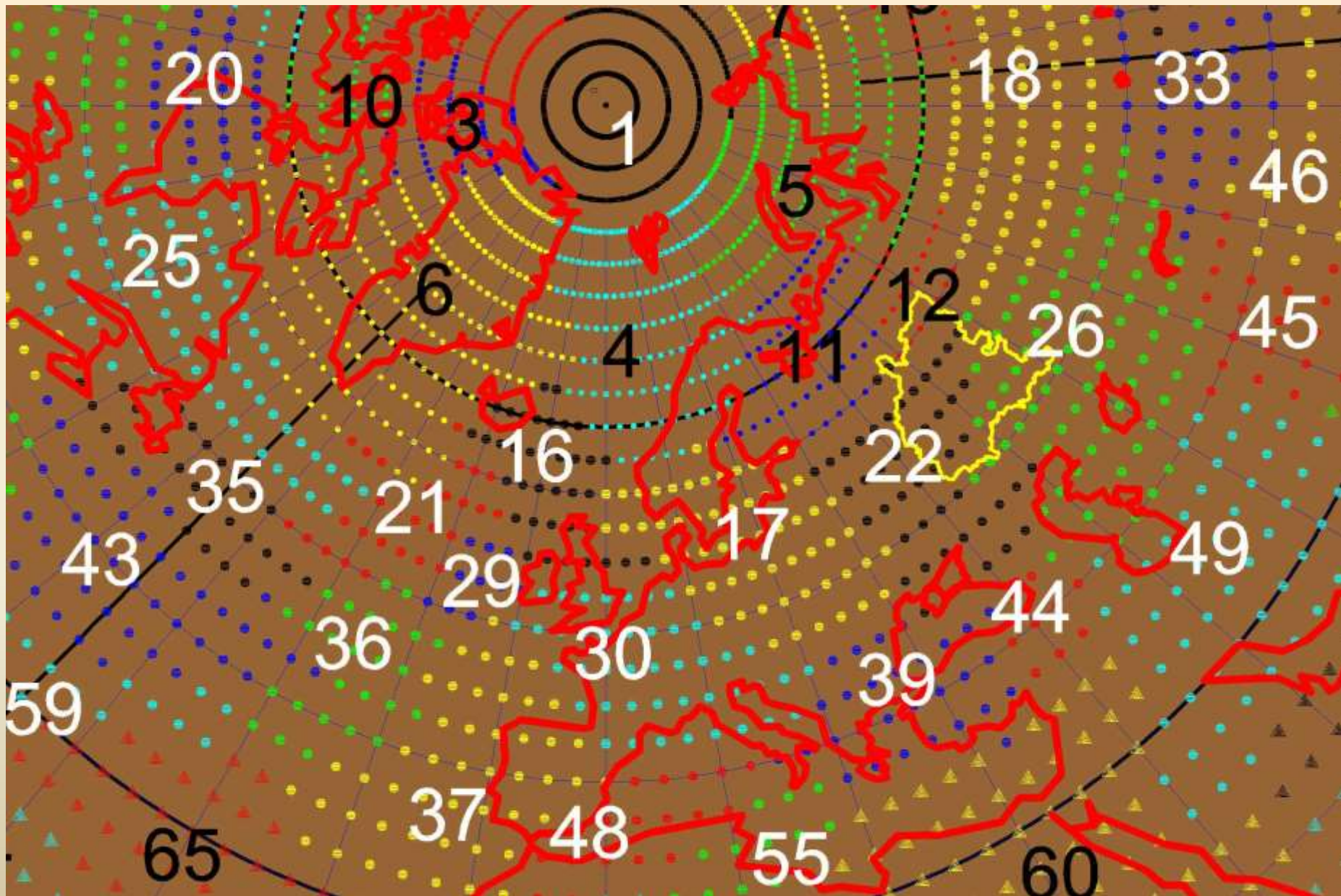
$$\xi = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 \sum_{i=1}^n (y_i)^2}} + \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 + \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Показатель  $\xi$  может принимать значения в интервале от  $-1$  до  $2$ . При  $\xi = 2$  имеет место полная аналогия рассматриваемых полей, при  $\xi = -1$  – полная контр аналогия.

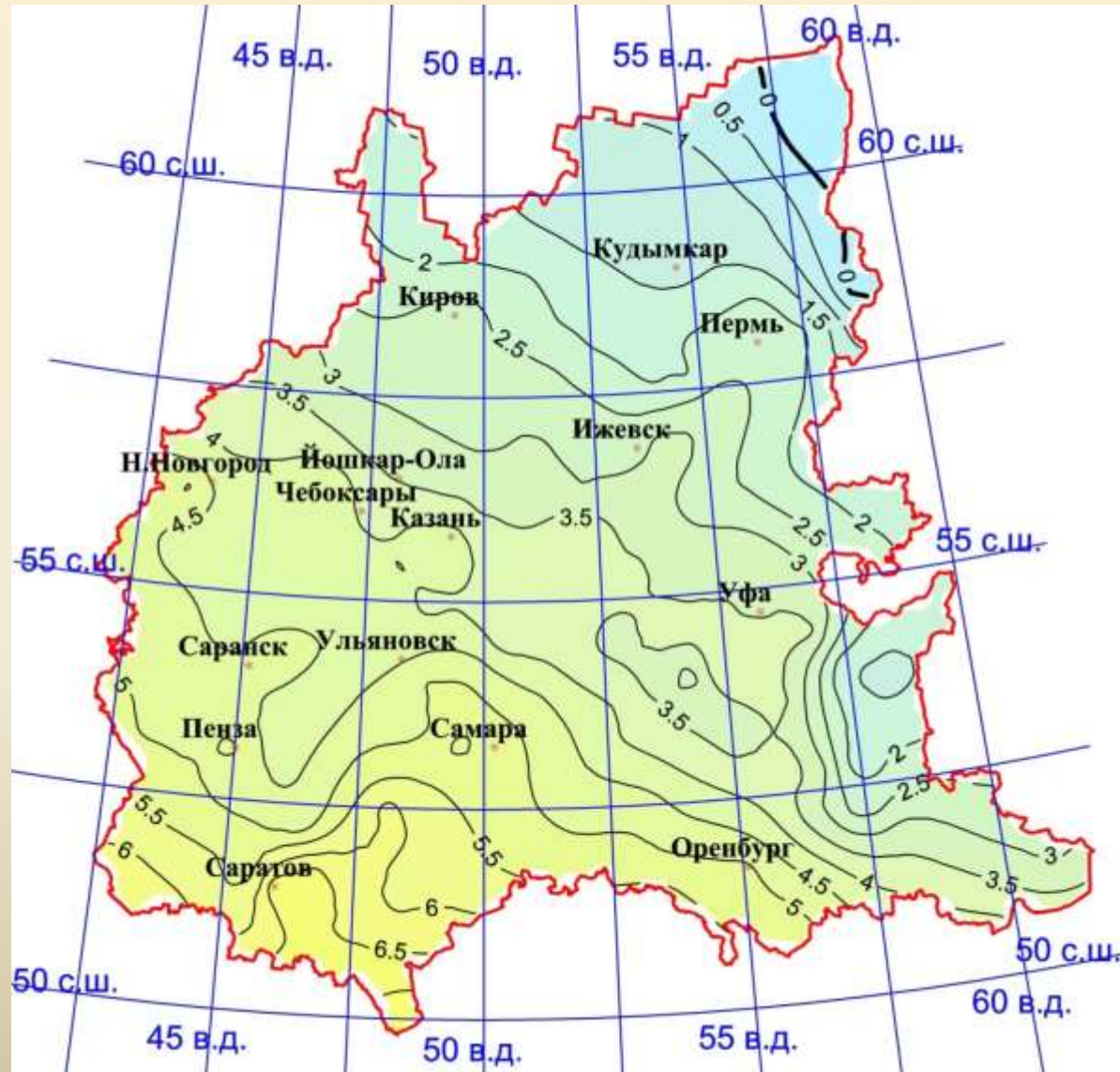
Регионы умеренной зоны северного полушария аналогичные по характеру изменения температуры на поверхности 850 гПа и степень аналогичности полей интенсивности ее изменения для всей умеренной зоны и отдельных ее регионов.



# Районы с аналогичным характером изменения температуры



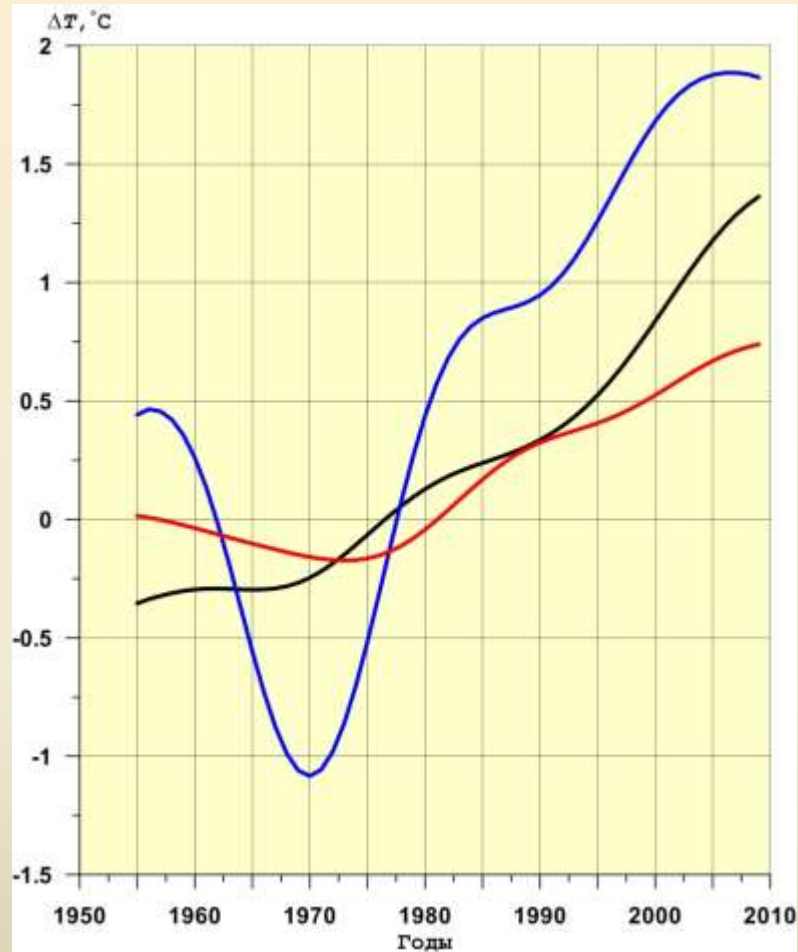
Средние многолетние (1966 – 2009 гг.) значения средней годовой приземной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ) воздуха.



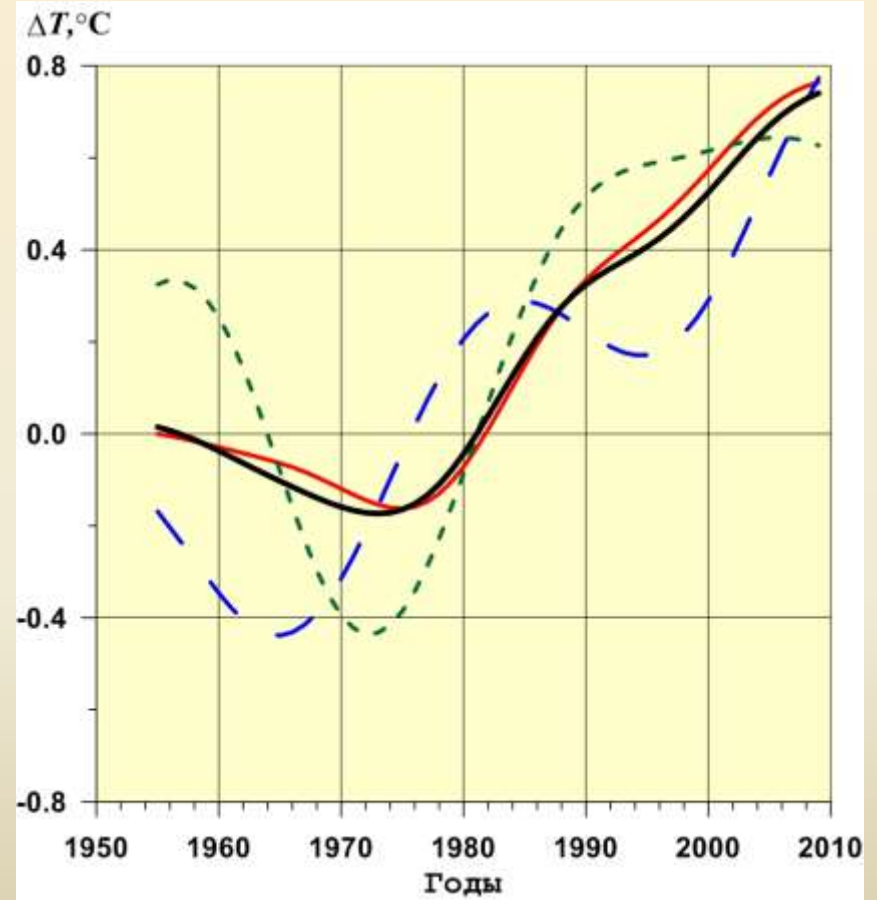
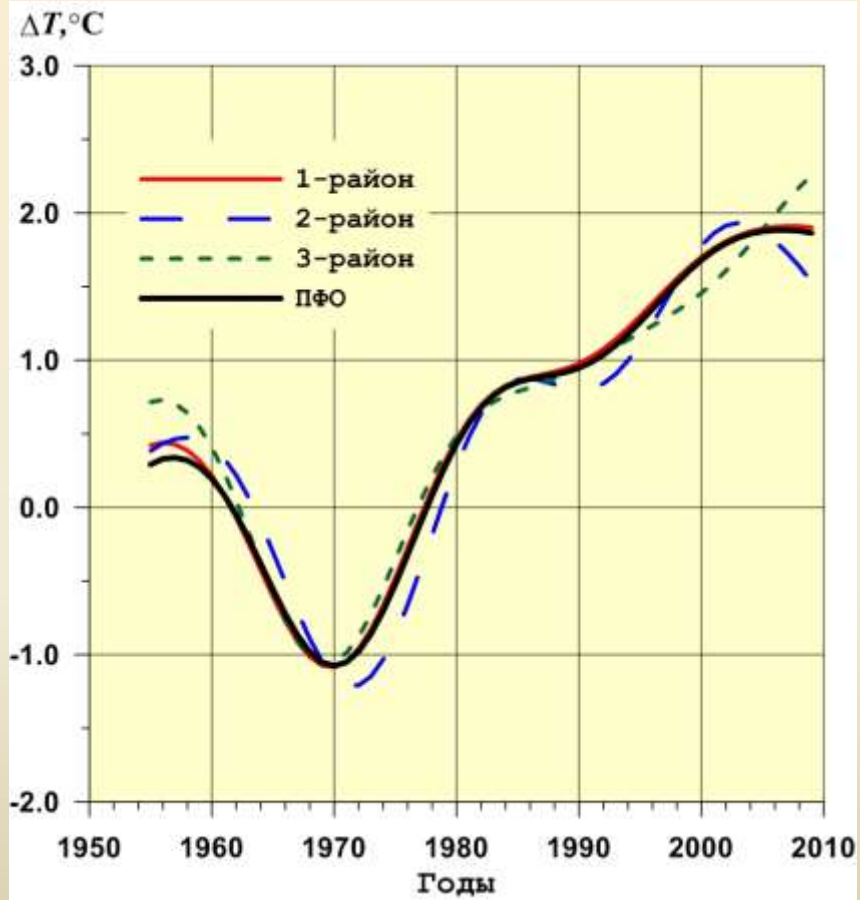




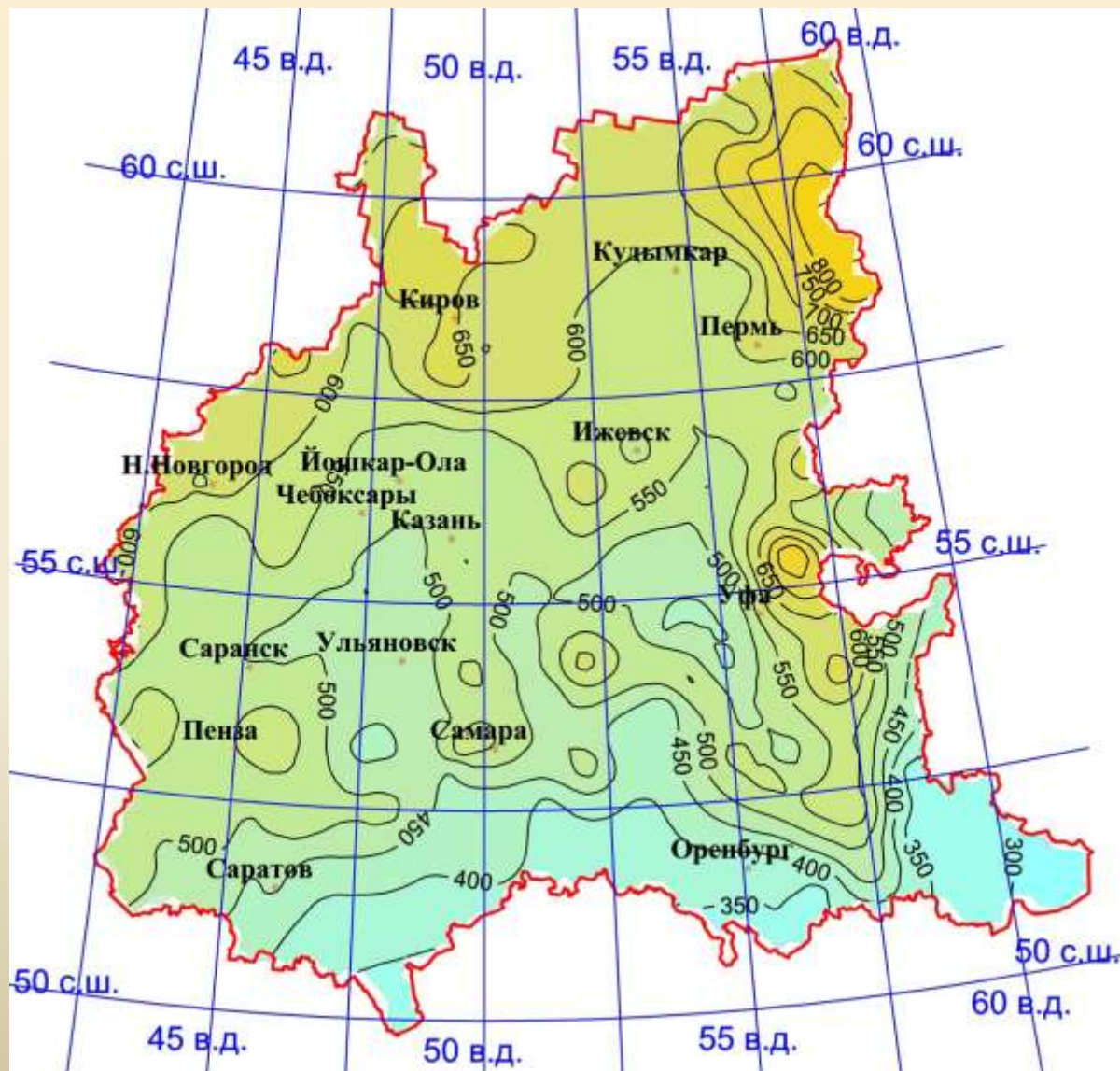
# Динамика низкочастотной компоненты аномалий температуры воздуха ПФО 1955 – 2010 гг.



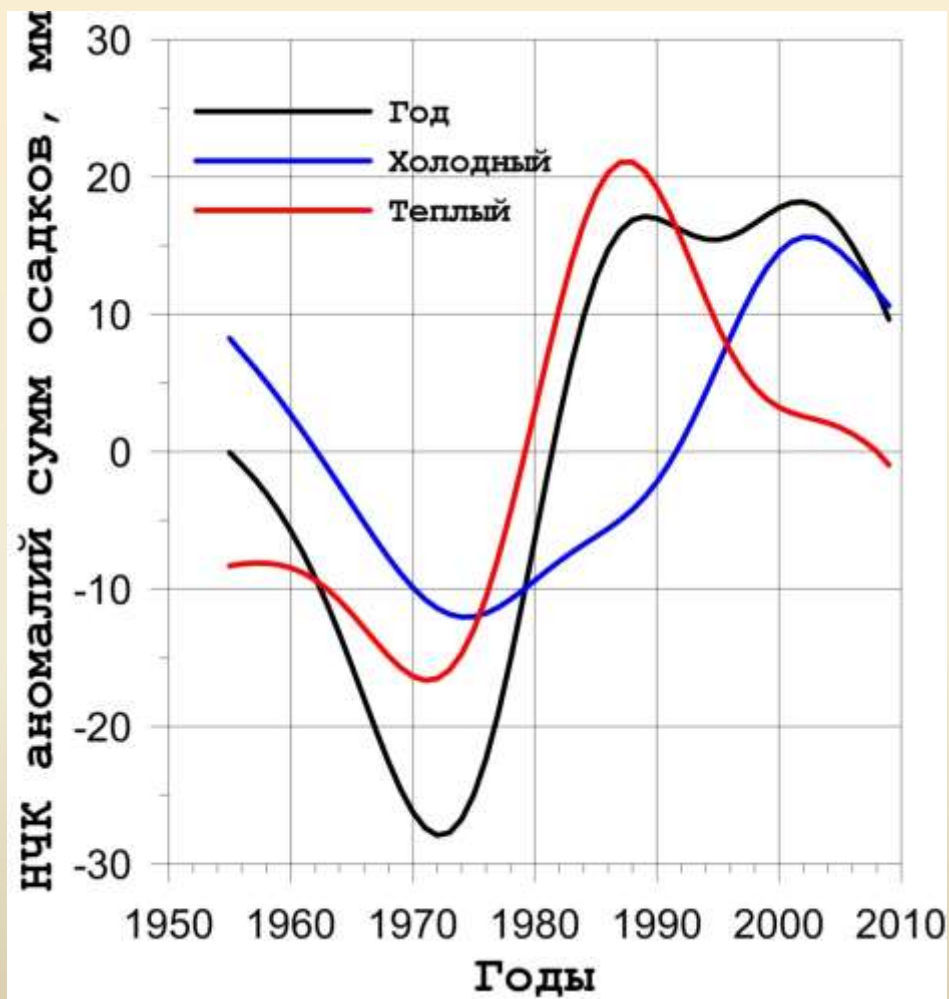
Низкочастотная компонента аномалий средней температуры воздуха зимой (слева) и летом (справа) осредненная по территории трех районов и всей территории ПФО



Средние многолетние (1966 – 2009 гг.) значения средних годовых сумм осадков (мм)



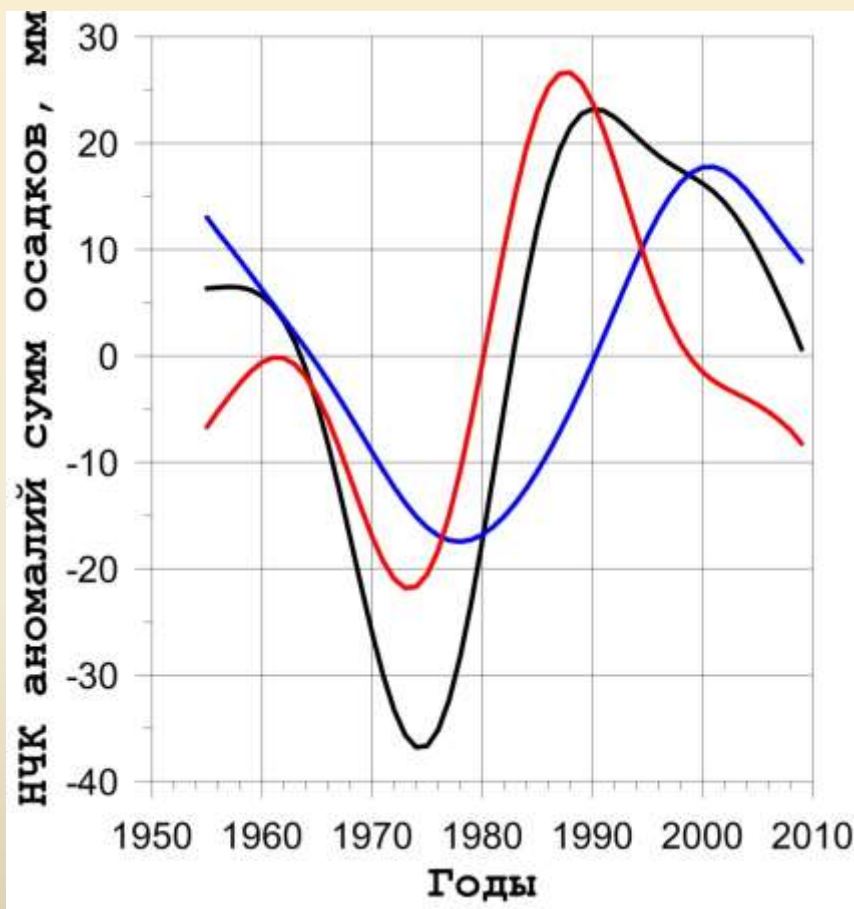
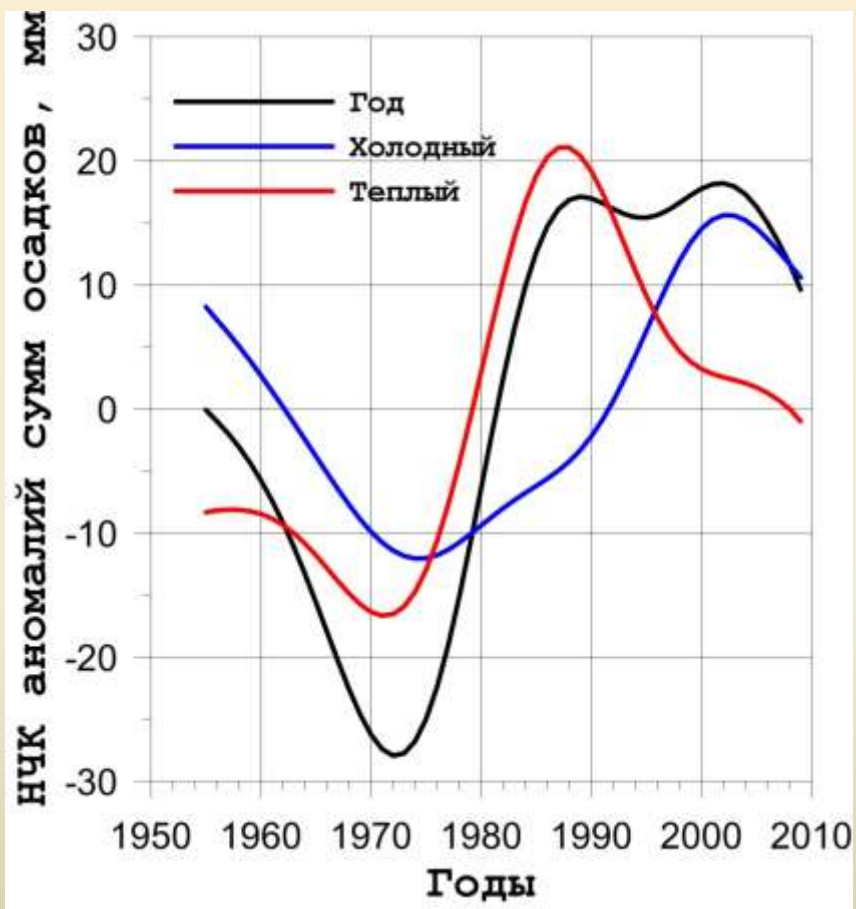
Динамика низкочастотной компоненты годовых и сезонных сумм осадков, осредненных по территории ПФО.



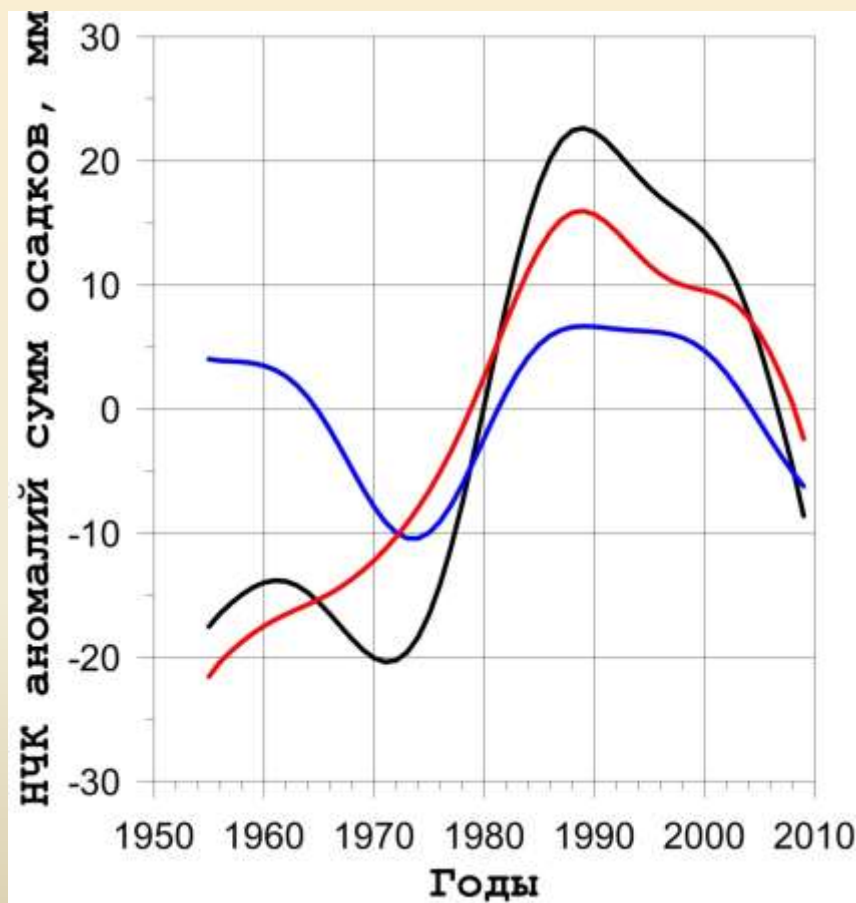
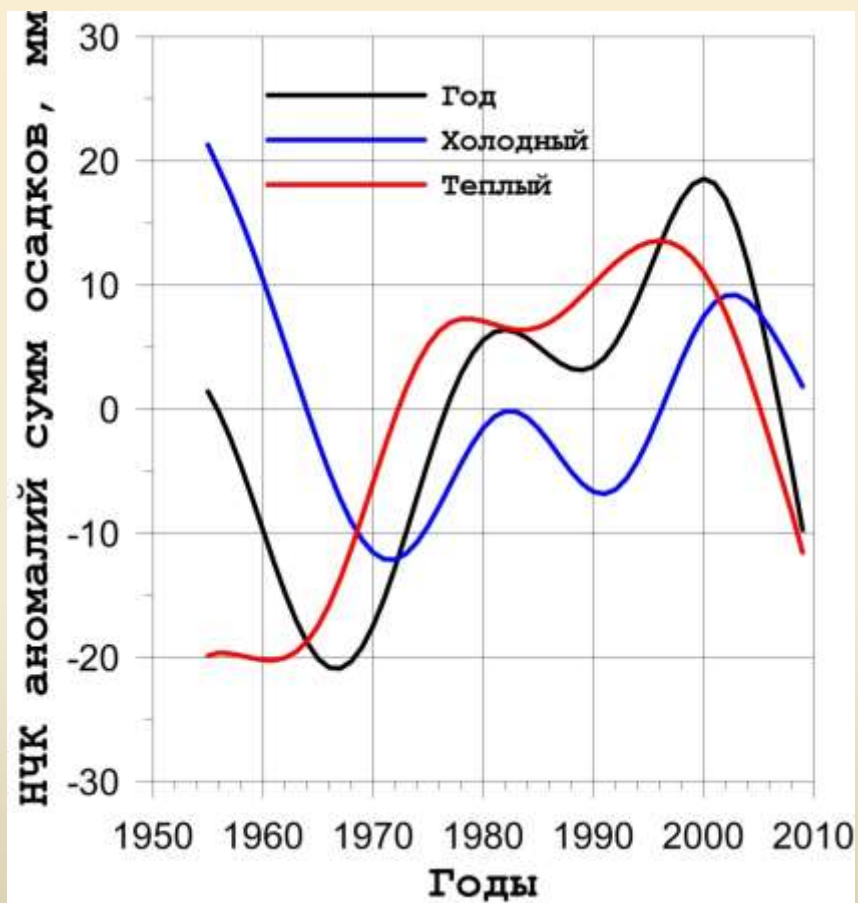
# Районы однотипные по характеру изменения сумм осадков



Динамика низкочастотной компоненты годовых и сезонных сумм осадков, осредненных по всей территории ПФО (слева) и территории 1 района.

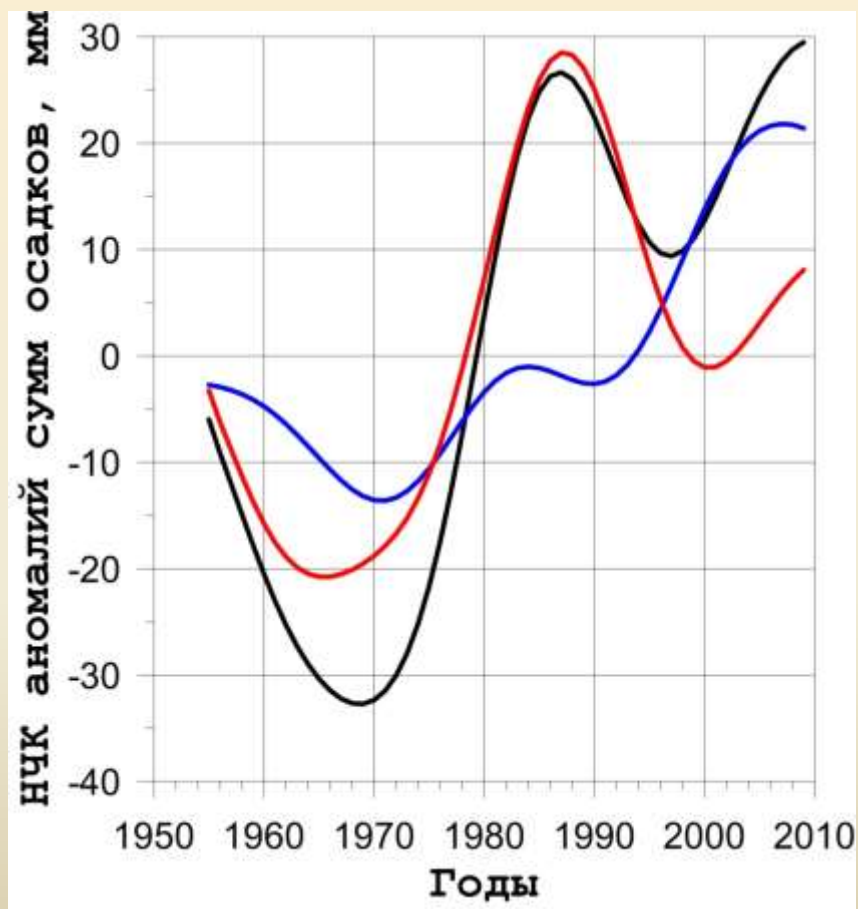
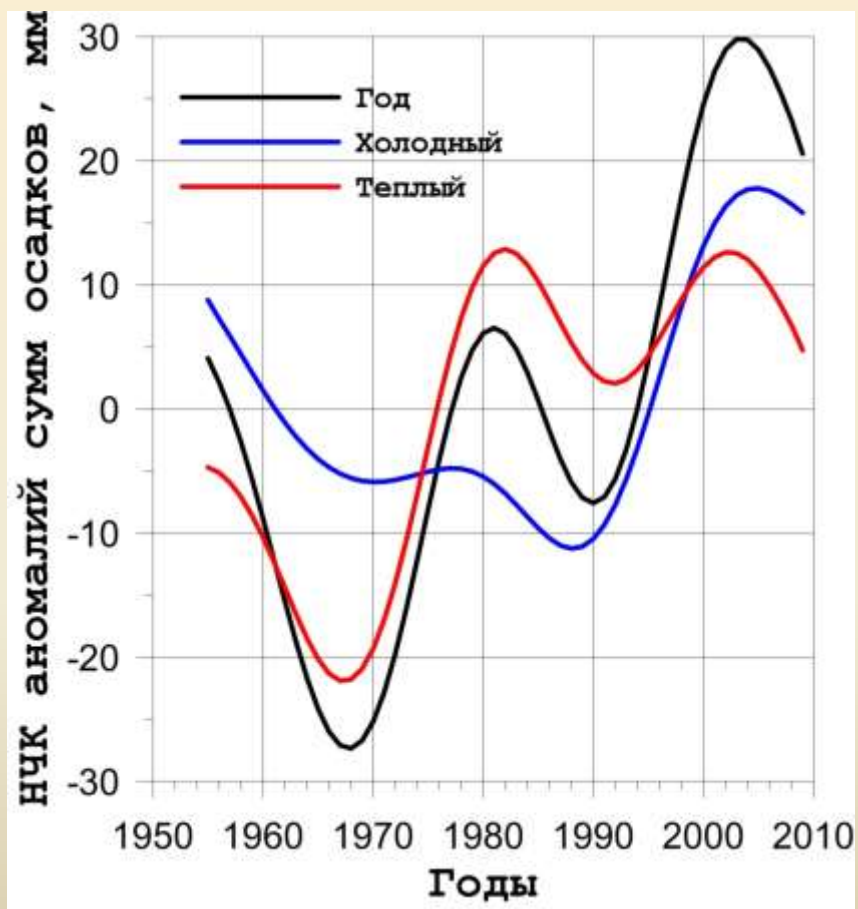


Динамика низкочастотной компоненты годовых и сезонных сумм осадков, осредненных по территории 2-го (слева) и 4-го районов ПФО.

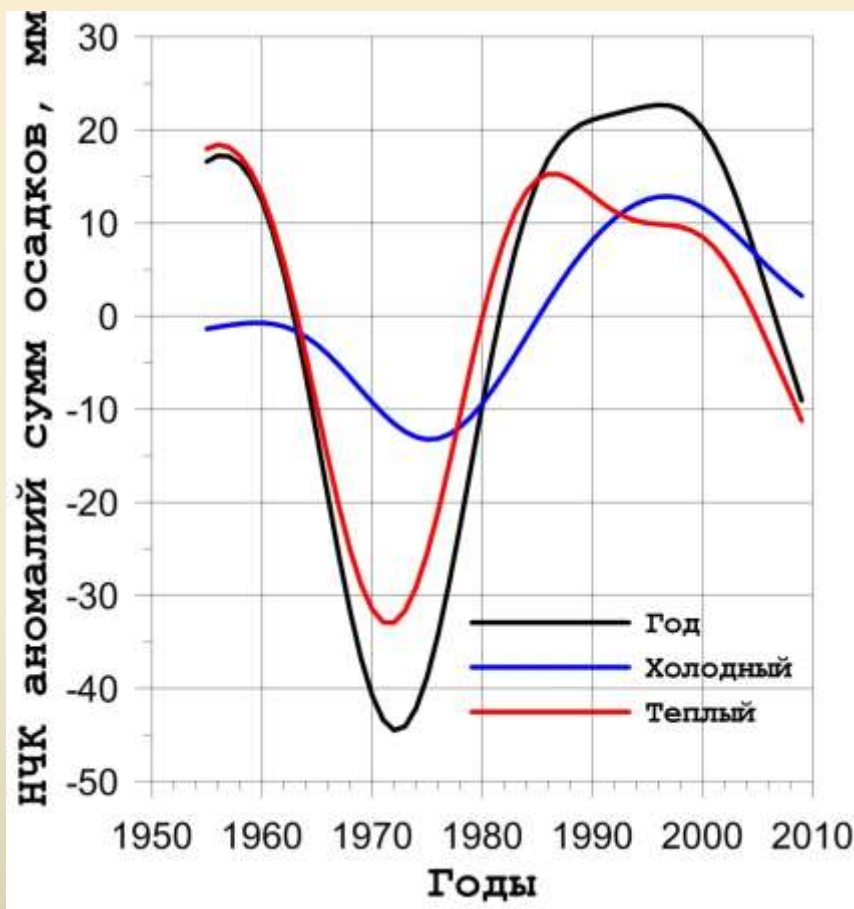
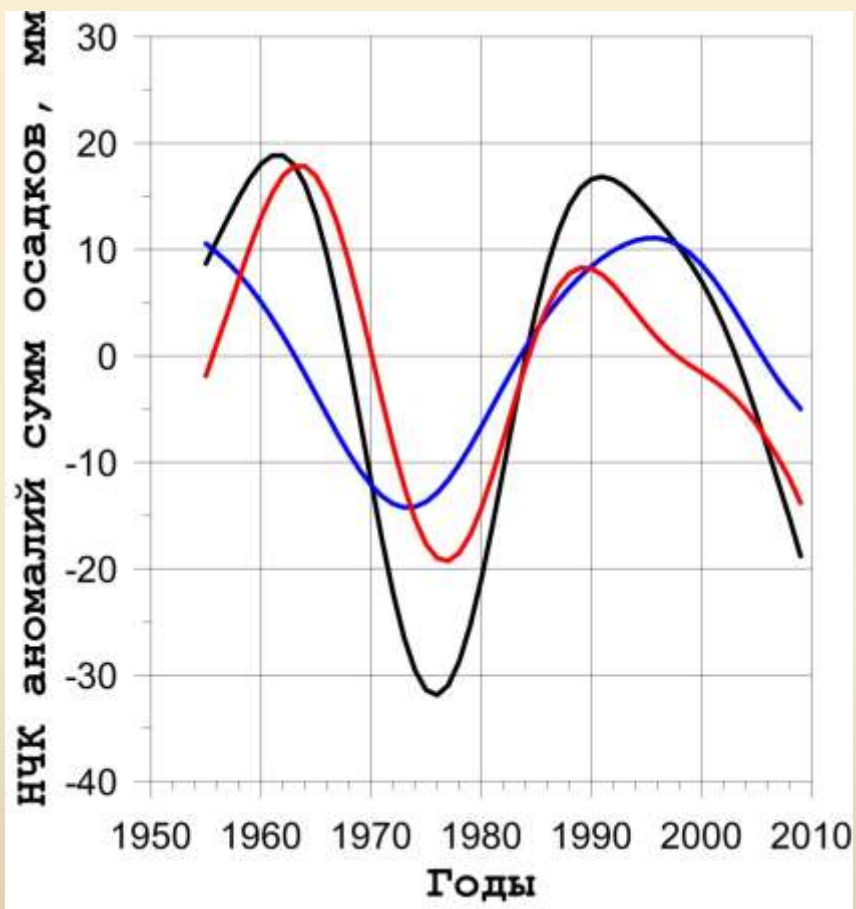




Динамика низкочастотной компоненты годовых и сезонных сумм осадков, осредненных по территории 3-го (слева) и 5-го районов ПФО.

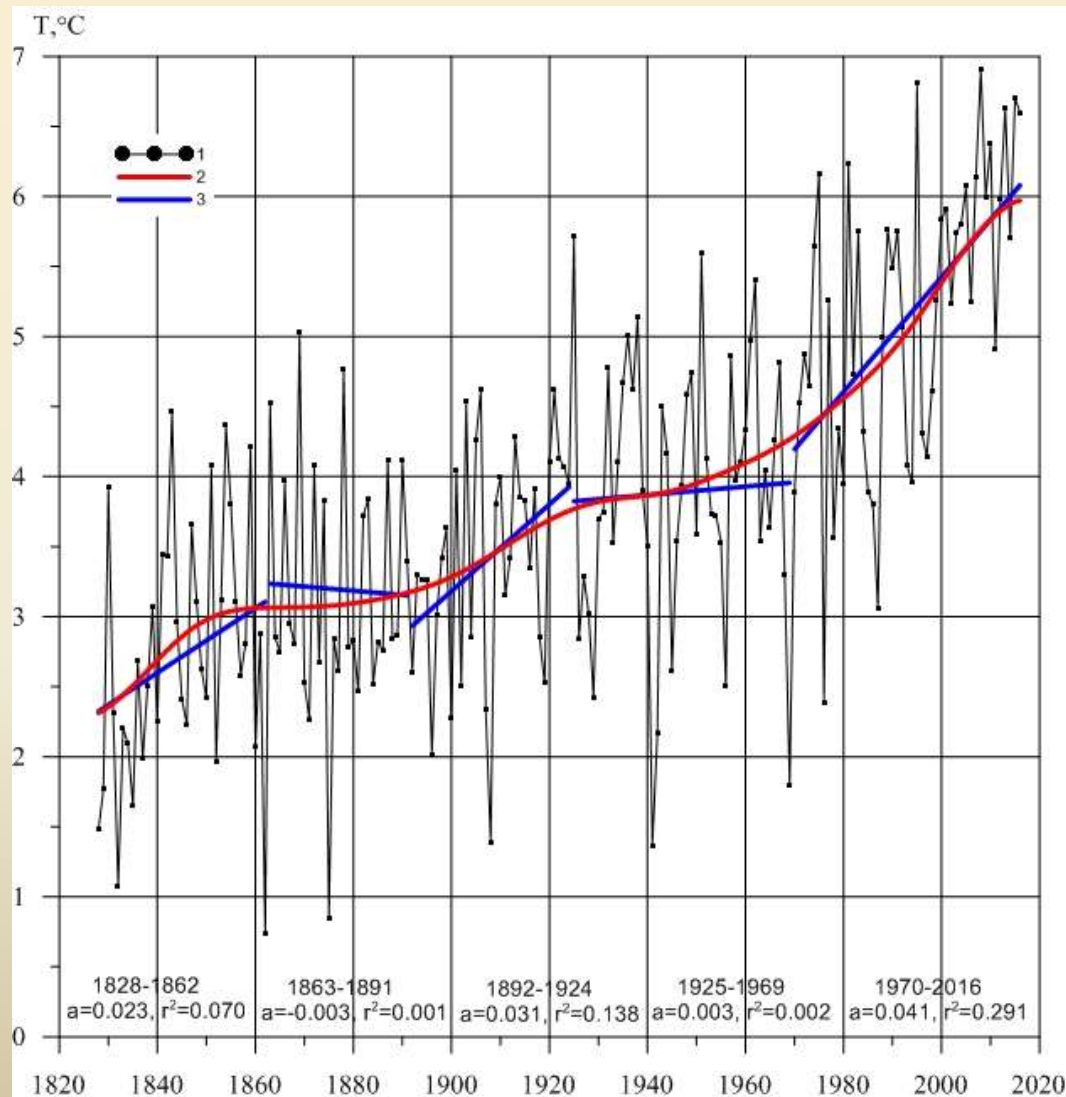


Динамика низкочастотной компоненты годовых и сезонных сумм осадков, осредненных по территории 6-го (слева) и 7-го районов ПФО.

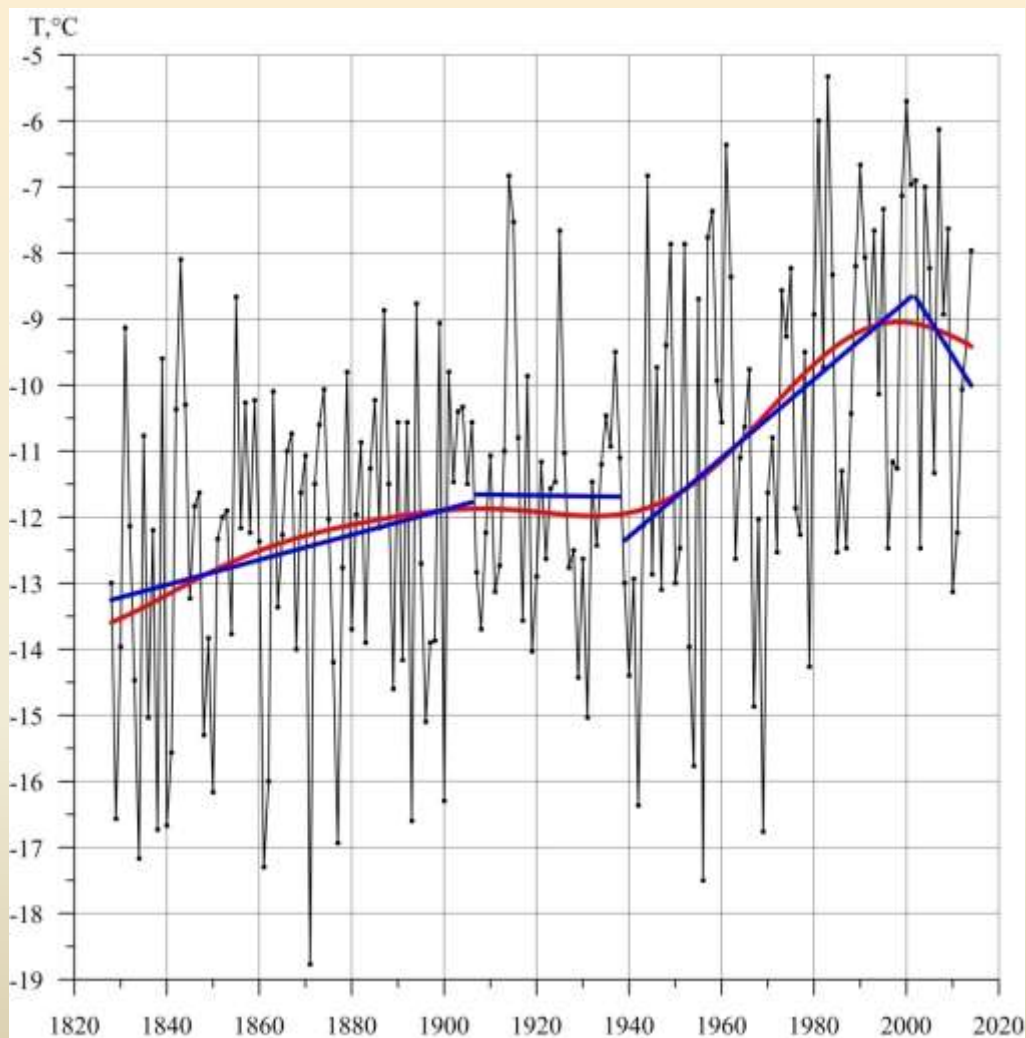


# Особенности изменения средней годовой температуры в Казани с 1828 по 2016 гг.

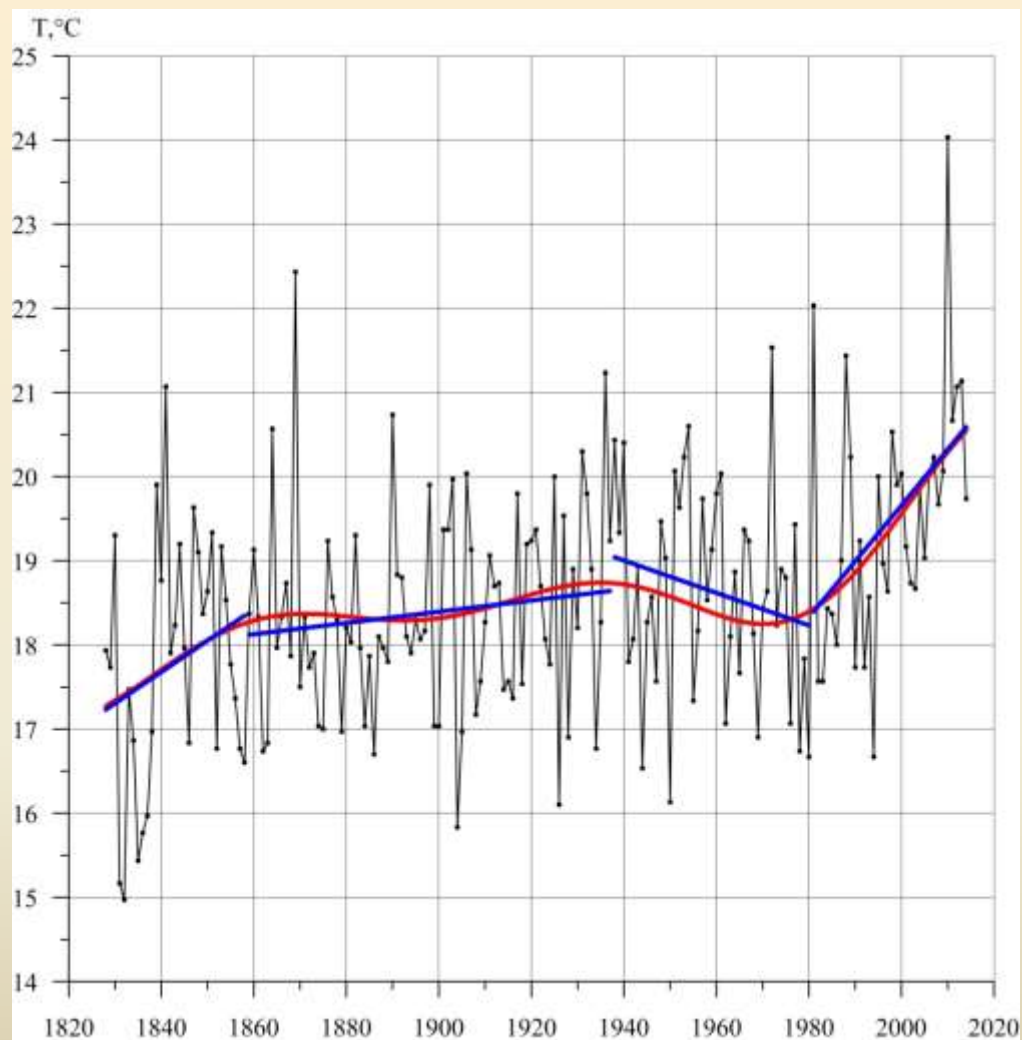
1- исходный ряд, 2- НЧК с периодом более 30 лет, 3- линейный тренд



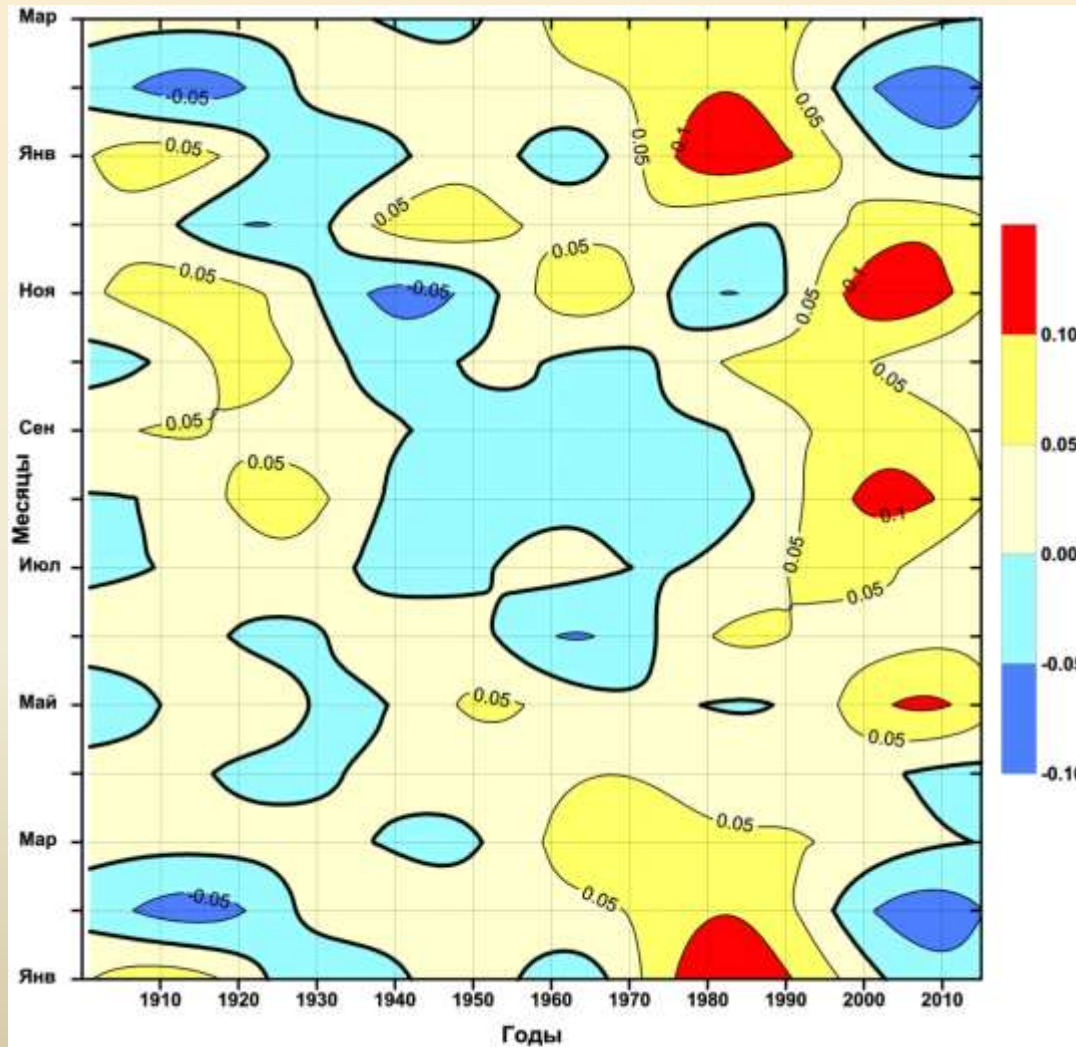
# Динамика средней зимней температуры воздуха на ст. Казань, университет



# Динамика средней летней температуры воздуха на ст. Казань, университет



# Скорость изменения ( $^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) НЧК температуры воздуха в Казани с 1900 по 2016 гг.



Изменения сезонной температуры (°С) и межмодельные стандартные отклонения, полученные по ансамблю 35 моделей CMIP5 в ПФО по отношению к базовому периоду 1981-2000 гг. для сценариев RCP4,5 и RCP8,5.

Сценарий	Сезон	Период			
		2011-2030	2034-2053 (2028-2047)	2041-2060	2080-2099
RCP 4,5	Зима	1,5±2,1	2,6±2,3	2,9±2,2	3,9±2,5
	Весна	1,5±1,6	2,6±1,7	2,8±1,7	3,5±1,8
	Лето	1,5±1,5	2,5±1,7	2,7±1,8	3,4±2,0
	Осень	1,6±1,4	2,5±1,4	2,7±1,4	3,4±1,5
RCP 8,5	Зима	1,7±2,0	2,7±2,1	3,6±2,2	7,1±2,2
	Весна	1,7±1,7	2,5±1,6	3,4±1,7	5,9±2,0
	Лето	1,5±1,6	2,4±1,8	3,1±2,0	5,8±2,5
	Осень	1,6±1,5	2,5±1,4	3,2±1,5	5,7±1,5

**Спасибо за внимание**