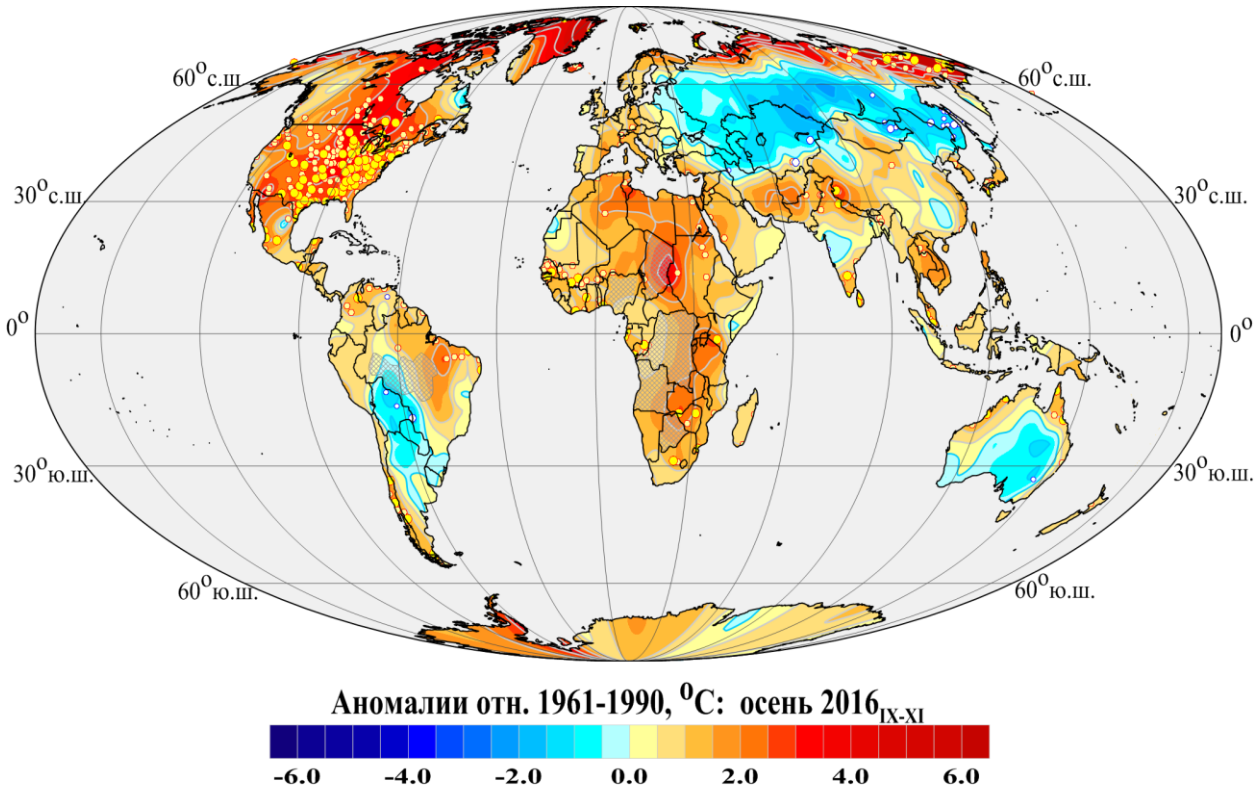
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Осень 2016



Использованы станционные данные ИГКЭ: Т3288

Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ[1]

1. ВВЕДЕНИЕ ………………………………….……………………….……………… 3

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ОСЕНЬЮ 2016 г. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ ……………….. 5

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2016 гг. (осенний сезон) 11

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2016 гг. (осенний сезон) …………..……………………………………………. 16

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА, 1976-2016 гг. (осенний сезон) …….……………………...….…….……………….….….. 19

6. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ………………………………….……………… 21

[1] На обложке приведено поле сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: осень 2016 г. Условные обозначения см. на рис. 2.2.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях осеннего сезона 2016 г. и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в изменении температурного режима осенних сезонов на территории Земного шара в течение 1976–2016 гг. (по разделу «приземная температура»). Оценки приведены для сезона в целом и каждого из месяцев (сентябрь, октябрь, ноябрь).

Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» средствами технологии оперативного мониторинга климата, разработанной в ИГКЭ и базирующейся на использовании данных станционных наблюдений о средней месячной температуре приземного воздуха на суше земного шара. В качестве базового массива исторических наблюдений используется массив Т3288 (создан и поддерживается в ИГКЭ), который содержит данные о среднемесячной температуре на глобальной сети 3288 станций за период с 1901 года. Данные текущих наблюдений формируются в Гидрометцентре РФ и ВНИИГМИ-МЦД (на основе сводок «КЛИМАТ» и «СИНОП», поступающих по каналам связи в оперативном потоке) и в установленные сроки передаются в ИГКЭ. Технологический цикл включает извлечение необходимых данных, их контроль и обработку, сопряжение с историческими рядами и расчет всех материалов мониторинга. Данные, методика их обработки и технология подготовки бюллетеней одобрены Центральной методической комиссией Росгидромета[2]. Решением ЦМКП технология рекомендована к использованию «в качестве основной для регулярного осуществления мониторинга в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН»». Развернутый комментарий к материалам бюллетеня с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики размещен на web-сайте ИГКЭ[3].

Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным метеослужбы Великобритании[4] – они упоминаются в бюллетене как «данные Hadley/CRU». Глобальные оценки и глобальные временные ряды (для Земного шара и полушарий) по данным Hadley/CRU приводятся только по оригинальным данным источника. Это значит, что глобальные и полушарные временные ряды рассчитаны по методике ИГКЭ только по массиву Т3288; в остальных случаях (по данным CRUTEM4, HadSST3 и HadCRUT4) глобальные ряды скачиваются с сайта производителя и корректировке не подлежат. Пространственно осредненные временные ряды для регионов рассчитаны по методике ИГКЭ по данным HadCRUT4 (для океанов и широтных поясов) и по данным Т3288 (для континентов).

---

[2] Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 20 декабря 2016 г. – http://method.meteorf.ru

[3] О бюллетене мониторинга изменений климата Земного шара (read me). – http://climatechange.su; http://climatechange.igce.ru

[4] Массивы CRUTEM4 (температура воздуха над сушей), HadSST3 (температура воды на поверхности океанов и морей) и HadCRUT4 (объединенные данные над континентами и океанами) созданы и поддерживаются совместно двумя коллективами Великобритании – Хэдли-центр (Met Office Hadley Centre) и Университет Восточной Англии (CRU UEA). Данные ежемесячно обновляются и публикуются производителем на web-сайтах http://www.MetOffice.gov.uk и http://www.cru.uea.ac.uk в форме глобальных сеточных полей (в центрах 5-градусных боксов) и глобальных временных рядов (для Земного шара и обоих полушарий). В данном выпуске использованы данные HadCRUT.4.5.0.0, CRUTEM.4.5.0.0, HadSST.3.1.1.0 от 21.12.2016.

На наш взгляд, станционные данные более точно описывают ситуацию над континентами (особенно локализацию экстремальных аномалий), а объединенные поля HadCRUT4 дают более полную и цельную глобальную картину распределения «приповерхностной» температуры над континентами и океанами. Термины «приповерхностная температура» и «приземная температура» используются в бюллетене как синонимы.

Таким образом, в используемой технологии массив Т3288 служит базовым массивом для оценки состояния температурных условий *на суше земного шара*, а массив HadCRUT4 используется для создания полной *глобальной* картины *над сушей и океанами. Глобальные временные ряды* CRUTEM4 и оценки по ним приводятся в бюллетене для сравнения с одноименными данными ИГКЭ с целью лучшего понимания меры их неопределенности.

Все Бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», размещаются на сайтах http://climatechange.su/, http://climatechange.igce.ru/. Сезоны соответствуют их календарным срокам в Северном полушарии.

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ОСЕНЬЮ 2016 г. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

Глобальные временные ряды на рисунке 2.1 рассчитаны по данным о температуре приземного воздуха над сушей земного шара за 1901-2016 гг. с использованием разных наборов данных (T3288 и CRUTEM4) и разных методик обработки (методика ИГКЭ и Hadley/CRU, соответственно). Ряды показывают тесное соответствие для всех трех территорий, по крайней мере, с середины прошлого столетия. Во всех рядах отмечается понижение средней температуры текущего сезона (осень 2016) по сравнению с осенью 2015 г. более, чем на 0.2 °C.

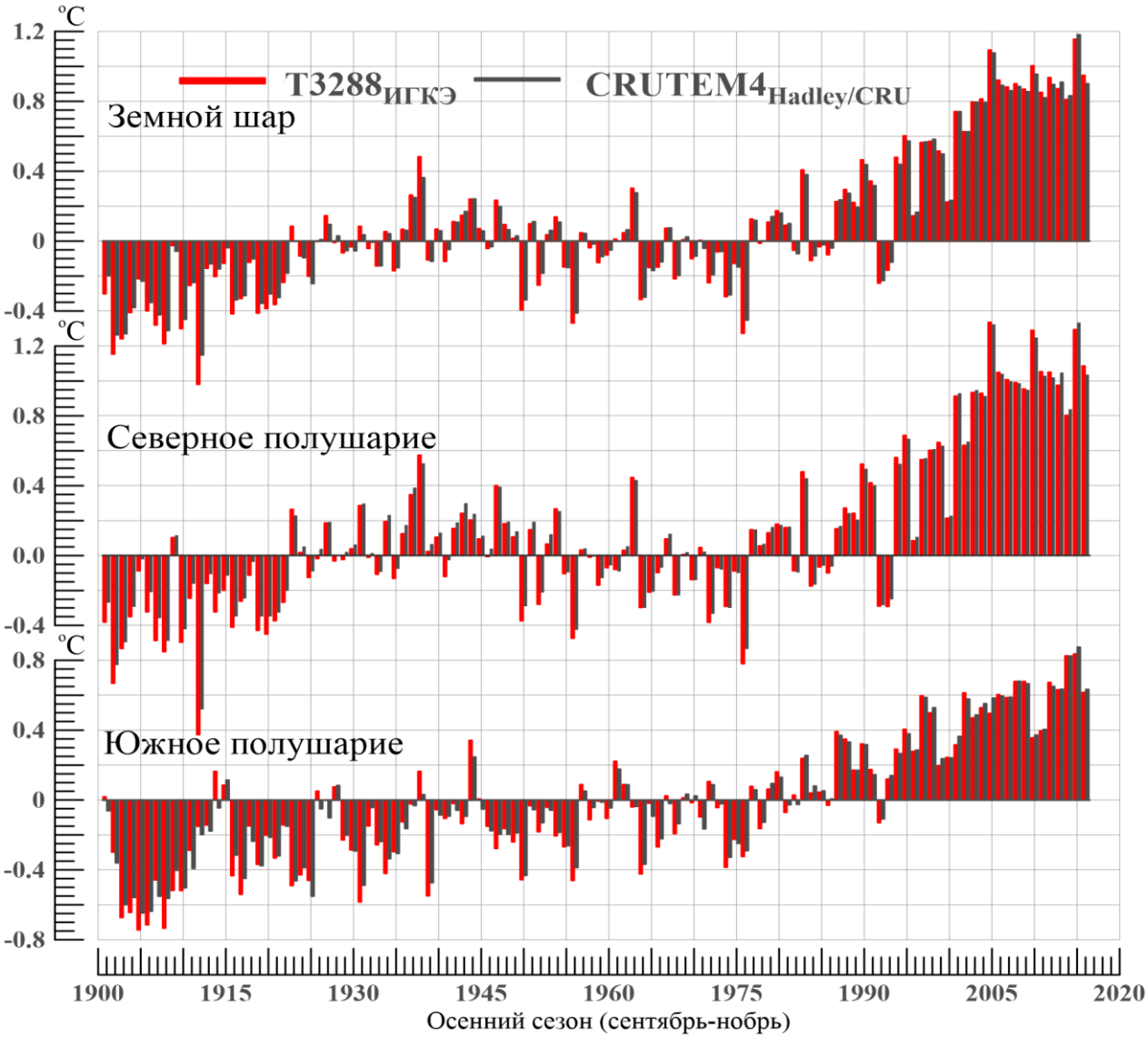


Рисунок 2.1 – Временные ряды сезонных аномалий температуры приземного воздуха (°C, 1901-2016 гг., осень) пространственно-осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий. Аномалии приведены в отклонениях от нормы 1961-1990 гг.

Как видно из табл. 2.1, в целом для Земного шара (ЗШ) Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий, осенний сезон 2016 г. лишь по температуре поверхности океанов оказался вторым самым теплым после 2015 г. (в Южном полушарии – третьим). Но по данным над сушей (см. T3288, CRUTEM4) в Южном полушарии он не вошел даже в пятерку самых теплых сезонов.

Таблица 2.1 – Пять самых теплых осенних сезонов для Земного шара (ЗШ) Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий по данным разных источников: средняя за сезон аномалия температуры VT и год наблюдения

№	ЗШ		СП		ЮП	
	VT, °C	Год	VT,°C	Год	VT,°C	Год
HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море)						
1	0.822	2015	1.097	2015	0.548	2015
2	***0.607***	***2016***	0.864	2005	0.505	1997
3	0.600	2005	***0.807***	***2016***	0.418	2009
4	0.576	2014	0.767	2013	***0.407***	***2016***
5	0.571	2013	0.763	2006	0.401	2014
T3288 (ИГКЭ, суша)						
1	1.155	2015	1.336	2005	0.836	2015
2	1.093	2005	1.294	2015	0.825	2014
3	1.003	2010	1.290	2010	0.678	2009
4	***0.948***	***2016***	***1.086***	***2016***	0.678	2008
5	0.936	2012	1.053	2011	0.673	2012
CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша)						
1	1.181	2015	1.333	2015	0.875	2015
2	1.077	2005	1.323	2005	0.824	2014
3	0.955	2010	1.247	2010	0.680	2008
4	0.909	2013	1.047	2013	0.666	2009
5	0.901	**2016**	1.040	2006	0.650	2012
HadSST3 (Hadley/CRU, море)						
1	0.705	2015	0.918	2015	0.445	2015
2	0.565	**2016**	0.761	**2016**	0.422	1997
3	0.527	2014	0.753	2014	0.409	**2016**
4	0.452	1997	0.592	2006	0.343	2001
5	0.433	2003	0.575	2003	0.334	2009

Понижение сезонной температуры от 2015 к 2016 гг. отмечается также и в среднем по территории почти всех рассматриваемых регионов (табл. 2.2). Более теплой, чем в 2015 г., осень 2016 г. была в северной и южной полярных областях, в среднем по территории широтных поясов - Арктического и Антарктического, по-видимому, за счет континентов.

Во всех рассматриваемых регионах, кроме Австралии, средняя температура осеннего сезона в этом году была выше климатической нормы, но рекордно высоких значений она достигла только в Арктическом широтном поясе и в Северной Америке (2.96 и 2.09 °C, соответственно).

Самым теплым месяцем сезона (табл.2.2) оказался сентябрь с рекордно высокими аномалиями тепла в Северном полушарии: по данным T3288 и CRUTEM4 (суша) – для полушария в целом (и, как следствие, для Земного шара) и по данным на полной сетке HadCRUT4 – по арктическому и умеренному широтным поясам. Региональные отрицательные аномалии отмечались в отдельные месяцы в среднем по Антарктическому поясу и Антарктиде (сентябрь), а также в Австралии (октябрь) и Евразии (ноябрь).

Таблица 2.2 - Пространственно осредненные значения аномалии приземной температуры на территории Земного шара осенью 2016 г., в среднем за сезон и по месяцам

Регион	Осень		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь	
	vT_{2016}	*F%*	vT_{2016}	*F%*	vT_{2016}	*F%*	vT_{2016}	*F%*
HadCRUT4 (суша+море)								
Земной шар*	0.61	99	0.71	99	0.59	96	0.52	91
Северное полушарие*	0.81	98	1.02	99	0.76	95	0.64	91
Южное полушарие*	0.41	97	0.40	97	0.42	95	0.41	97
Атлантика (15-70N)	0.71	92	0.71	91	0.68	90	0.74	98
Тихий океан (20-65N)	0.75	98	0.90	99	0.88	99	0.46	92
Арктический пояс (65-90N)	**2.96**	**100**	**2.36**	**100**	**3.59**	**100**	2.95	96
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.78	91	**1.25**	**100**	0.60	83	0.49	83
Тропики (25S-25N)	0.57	96	0.54	97	0.61	97	0.58	95
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.31	90	0.39	92	0.305	89	0.27	88
Антарктический пояс (90-65S)	1.07	90	-0.23	44	1.69	97	**1.80**	**100**
IGCE-T3288 (суша)								
Земной шар	0.95	97	**1.20**	**100**	0.83	90	0.81	91
Северное полушарие	1.09	97	**1.44**	**100**	0.94	91	0.87	91
Южное полушарие	0.62	94	0.61	93	0.59	90	0.67	97
Северная Америка	**2.09**	**100**	1.45	94	1.34	92	**3.52**	**100**
Евразия	0.40	71	**1.67**	**100**	0.11	44	-0.62	25
Южная Америка	0.51	85	0.46	79	0.69	89	0.52	89
Африка	1.39	99	1.06	98	1.61	99	1.37	98
Австралия	-0.07	48	0.02	50	-0.63	28	0.41	70
Антарктида	1.21	93	-0.22	36	2.28	99	1.56	97
CRUTEM4 (суша)								
Земной шар*	0.90	96	**1.12**	**100**	0.80	90	0.78	90
Северное полушарие*	1.04	95	**1.37**	**100**	0.91	90	0.83	90
Южное полушарие*	0.63	94	0.63	94	0.58	90	0.69	98

Условные обозначения*:*

1. vT_{2016}, ^oC – аномалия в 2016 г. (отклонение от среднего за 1961-1990);

2. F% – значение функции распределения $F=prob\ (X \leq vT_{2016})$ по данным за 1911-2015 гг.

3. Звездочкой (*) в боковике таблицы выделены глобальные временные ряды Hadley/CRU, скачанные с сайта источника. Остальные ряды рассчитаны авторами по методике ИГКЭ (по данным на полной сетке HadCRUT4 и станционным данным Т3288, как указано в таблице).

4. Жирным шрифтом выделены рекордные значения, осуществившиеся в рассматриваемом сезоне/месяце впервые за период наблюдений (с 1901 г.)

Карты на рисунках 2.2, 2.3 построены по данным наблюдений, станционным (Т3288, ИГКЭ, рис. 2.2б, 2.3) и в центрах 5-градусных боксов (HadCRUT4, Hadley/CRU, рис. 2.2а). Использованы данные поступивших в оперативном потоке 1843 станций (массив Т3288) и данные в центрах 1590 боксов (массив HadCRUT4).

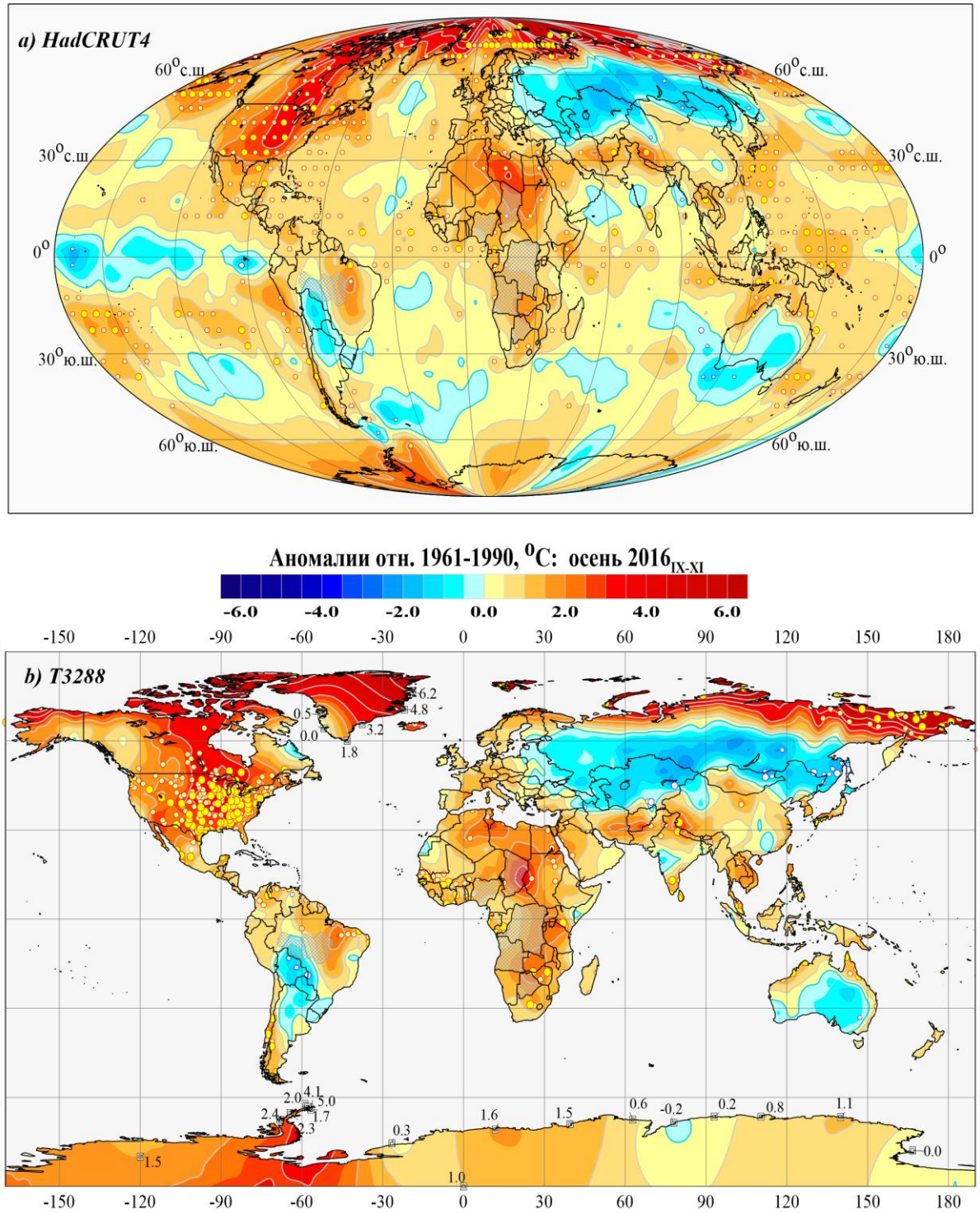


Рисунок 2.2 – Пространственное распределение сезонных аномалий приземной температуры (°С) на территории Земного шара осенью 2016 г. а) по сеточным данным Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море); б) по станционным данным ИГКЭ (Т3288, суша). Желтыми и белыми кружками указано положение станций с 5%-ми экстремумами (теплыми и холодными, соответственно). Рекордные экстремумы показаны теми же значками большего размера. Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961-1990 гг.

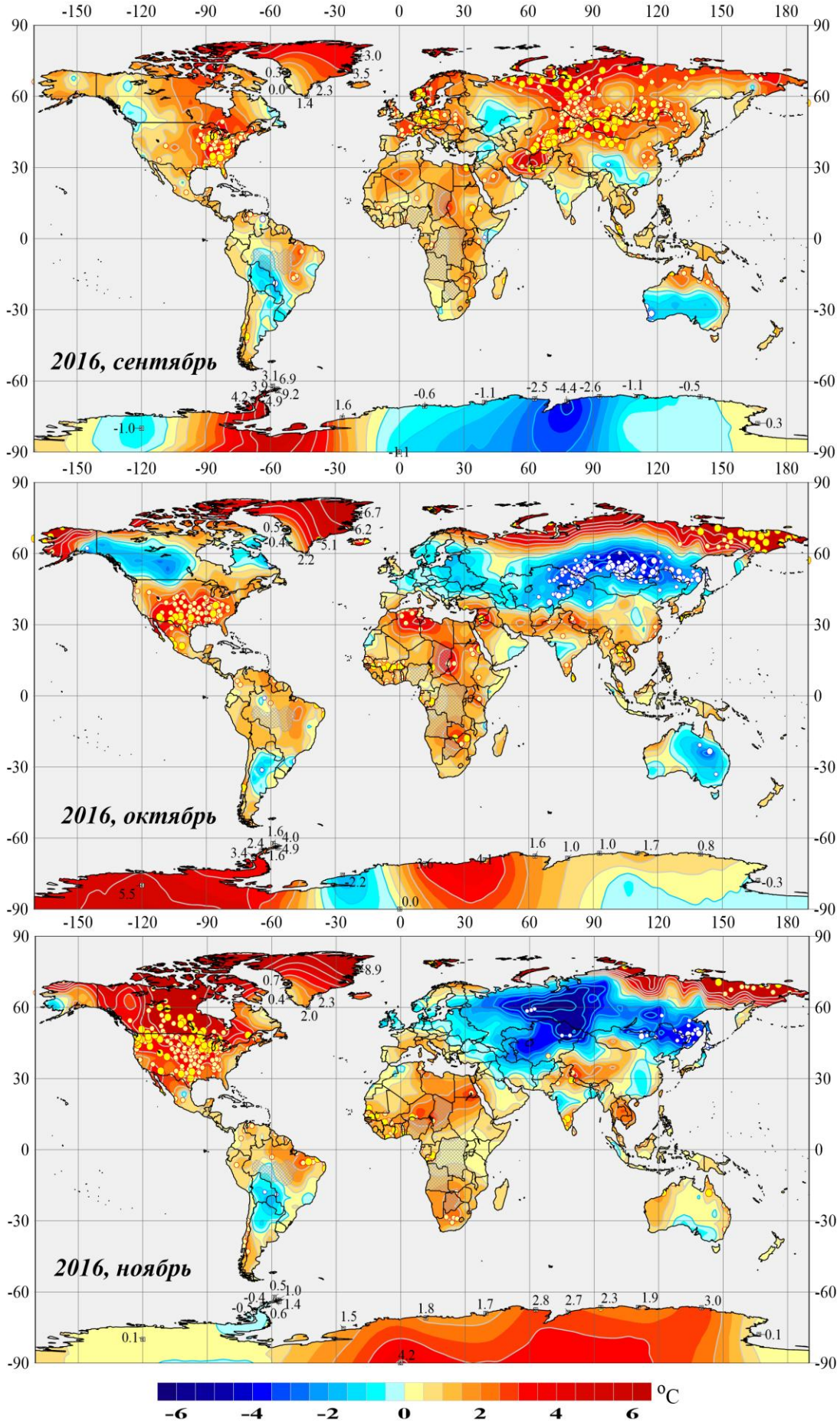


Рисунок 2.3 – См. рис. 2.2б, но для средних месячных аномалий осеннего сезона 2016 г. (сентябрь, октябрь, ноябрь) над сушей Земного шара. Данные Т3288, ИГКЭ.

Из общего числа поступивших станционных данных (N=1843, массив T3288), сезонные аномалии оказались выше 95-го процентиля на (23.4%) станций (n=432, 5%-е экстремумы тепла). Из них 153 станции (8.3% от общего числа) зафиксировали осуществление новых рекордов тепла – столь высокие сезонные аномалии наблюдались здесь впервые с 1901 г. На 35 станциях (на юго-востоке Сибири, в Монголии и в Южной Америке) зафиксированы значения ниже 5-го процентиля (5%-е экстремумы холода), десять из которых - абсолютные минимумы.

По данным в центрах 5-градусных боксов (N=1613, HadCRUT4) оценки очень близки: 26.1% всех значений выше 95-го процентиля и 6.3% (n=102) – абсолютные максимумы, расположенные в основном в Северной Америке, в северных районах Тихого океана и Северной Атлантики и на северо-востоке Сибири.

Пространственные распределения аномалий (рис. 2.2, 2.3) уточняют ареалы крупных аномалий, их локализацию и интенсивность.

В частности, в сентябре значительные положительные аномалии занимали бóльшую часть территории обоих северных континентов, с аномалиями до 4-5^{o}C (на севере Сибири – более 5^{o}C) и суточными экстремумами до 34-35^{o}C на юге Казахстана и до 36-41^{o}C в Иране и Афганистане. Значительные отрицательные аномалии (до -4.4^{o}C) отмечались в сентябре лишь в Антарктиде и в Австралии.

В октябре, напротив, умеренные широты Евразии и Северной Америки оказались в области отрицательных аномалий, особенно значительных на территории Сибири (до -4.5. ^{o}C), на территории США до -3.5^{o}C, в западном секторе Антарктиды зафиксированы крупные (выше 6^{o}C) положительные аномалии.

В ноябре распределение аномалий становится еще более определенным. Теперь уже практически вся территория Евразии (кроме Западной Европы, крайнего северо-востока России и южной Азии) представляет единый очаг отрицательных аномалий с максимумами в Западной Сибири (до -7.5^{o}C) и Приморье, а весь Североамериканский континент и большая часть Антарктиды (кроме Антарктического п-ва) заняты положительными аномалиями. На территории США зафиксированы суточные максимумы до 36-38^{o}C в октябре и до 30-33 ^{o}C в ноябре.

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2016 гг. (осенний сезон)

Глобальные временные ряды осенних аномалий приземной температуры на рис. 3.1, построенные по данным Hadley/CRU (CRUTEM4 и HadCRUT4), наряду с временными рядами на рис. 2.1 (по данным Т3288 и CRUTEM4), иллюстрируют основные особенности современного глобального потепления с учетом (суша+море) и без учета (только суша) океанов. Временные ряды для суши на рис. 3.1 приведены по данным Hadley/CRU (а не по данным Т3288, ИГКЭ), чтобы различие между оценками с учетом (HadCRUT) и без учета (CRUTEM) океанов было более убедительным (исключено возможное влияние различных методик обработки).

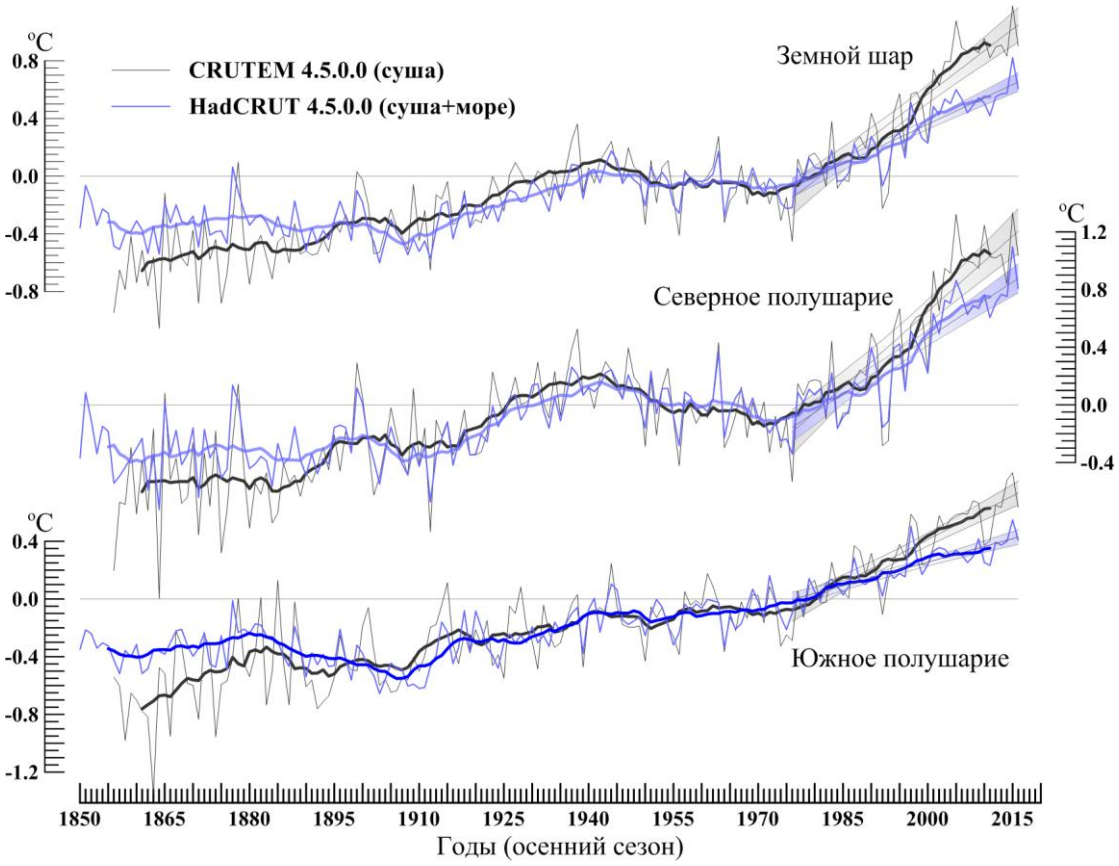


Рисунок 3.1 – Изменение пространственно осредненных сезонных аномалий (лето) приземной температуры в течение 1850-2016 гг. для Земного шара, Северного и Южного полушарий по данным CRUTEM4 (Hadley/CRU, суша) и HadCRUT4 (Hadley/CRU, суша+море). *Показаны: 11-летние скользящие средние и линейный тренд с 95%-м доверительным интервалом за 1976-2016 гг.*

В отличие от временных рядов (рис. 3.1), относящихся к осеннему сезону, на рис. 3.2 можно проследить полный (за весь год) сезонный ход многолетних флуктуаций глобальных температур за весь период наблюдений. Видно, что в среднем по территории Земного шара и Северного полушария последние 11 месяцев были теплыми или экстремально теплыми – на рис. 3.2 они показаны в верхней строке диаграммы.

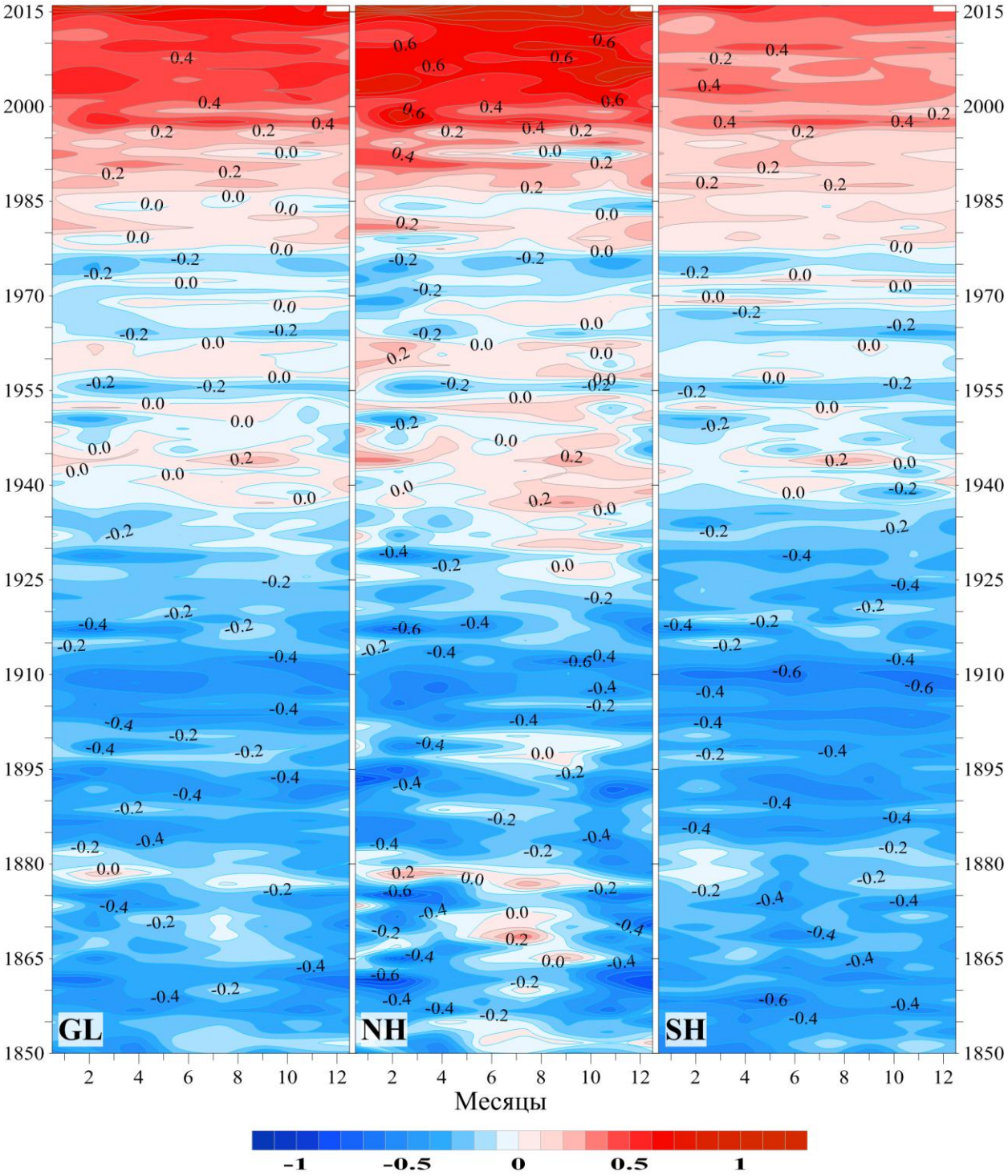


Рисунок 3.2 – Изменение средней месячной приповерхностной температуры, осредненной по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий в течение периода с января 1850 г. по август 2016 г. : ось OX – месяцы, ось OY – годы.
Использованы глобальные временные ряды с сайтов Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море). 2016 г. – верхняя строка диаграммы (первые 11 месяцев)

Еще более полное представление о характере и широтно-долготной структуре многолетних изменений температуры дают двумерные изоплеты, показывающие изменение аномалий одновременно во времени и в пространстве. Многолетний ход зональных и меридиональных профилей среднегодовых аномалий за период 1911-2015 гг.

приводился в годовом обзоре за 2015 г.[5] и будет обновлен в итоговом выпуске 2016 года. На рис. 3.3 более детально (с шагом месяц) рассматриваются последние 6 лет, с января 2011 г. по август 2016 г. Диапазон широт ограничен поясом (40°ю.ш. – 70°с.ш.) ввиду плохой освещенности полярных поясов данными наблюдений.

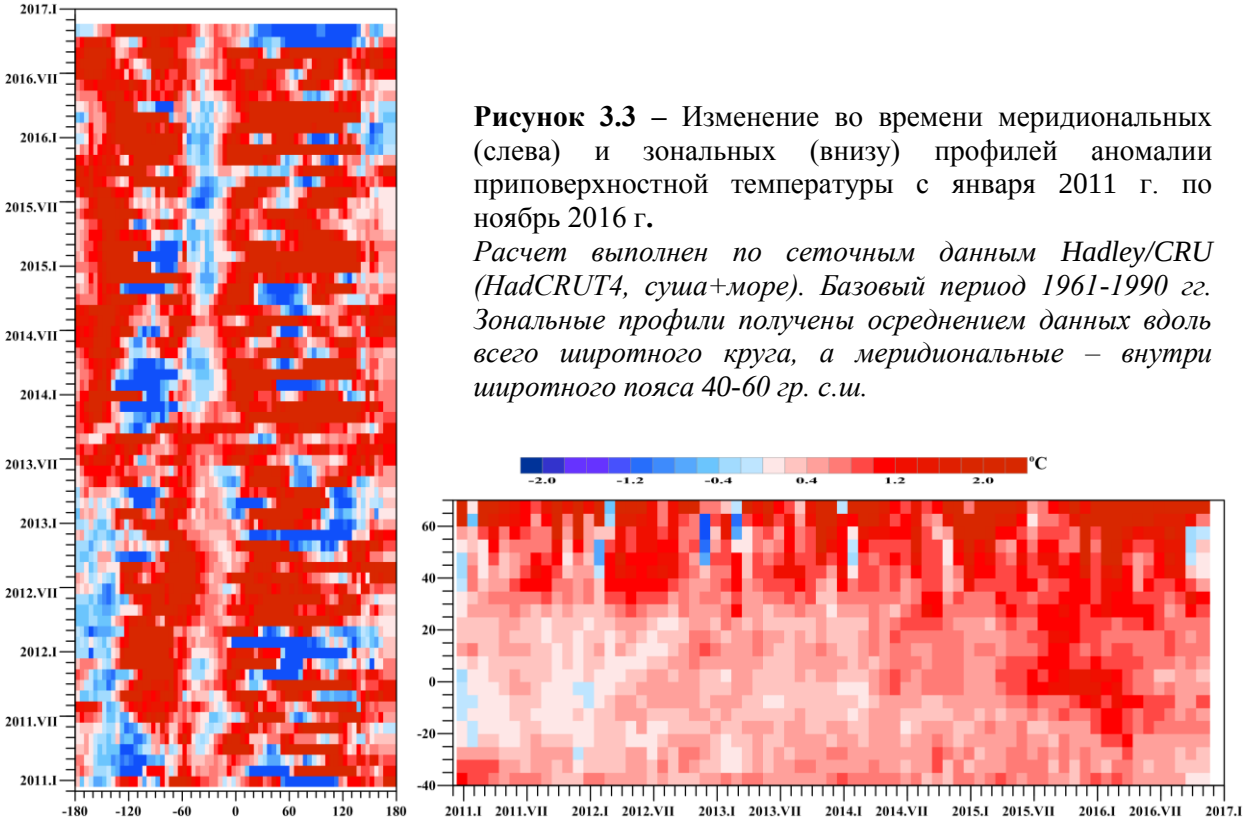


Рисунок 3.3 – Изменение во времени меридиональных (слева) и зональных (внизу) профилей аномалии приповерхностной температуры с января 2011 г. по ноябрь 2016 г**.**
Расчет выполнен по сеточным данным Hadley/CRU (HadCRUT4, суша+море). Базовый период 1961-1990 гг. Зональные профили получены осреднением данных вдоль всего широтного круга, а меридиональные – внутри широтного пояса 40-60 гр. с.ш.

Можно видеть, что в течение последнего пятилетия потепление наиболее выражено в северном полушарии, а в последний год еще и в экваториальной зоне (возможно, в связи с Эль-Ниньо). В северных умеренных широтах четко видны холодные периоды, более интенсивные над континентами, но более устойчивые (до 2-3 лет) – над океанами. В 2011-2012 гг. холодным был Тихий океан (у берегов Америки), а с 2014 г. – Атлантика. В июне-июле наметился теплый период во всем широтном поясе. Однако в последние осенние месяцы активная область отрицательных аномалий проявилась в умеренных широтах (50-60 с.ш.) Евразийского сектора (30-150 в.д.).

Приведенные иллюстрации характеризуют крупномасштабные особенности наблюдаемых изменений приповерхностного температурного режима в разных факторных подгруппах в течение всего периода инструментальных наблюдений. Существенным дополнением к ним служат числовые оценки линейных трендов, приведенные в табл. 3.1 для всех четырех групп глобальных рядов, включая данные о средней температуре приземного воздуха над сушей (T3288, CRUTEM4), средней температуре поверхностного слоя воды в Мировом океане (HadSST3) и комбинированные данные, покрывающие всю территорию (HadCRUT4, суша+море). Оценки приведены для Земного шара, Северного и Южного полушарий и двух периодов (1976-2016 гг. и 1917-2016), для сезона в среднем и каждого из месяцев.

[5] Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара**.** Приземная температура – 2015**.** **Г**одовой обзор. – http://climatechange.su; http://climatechange.igce.ru

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда (^{o}C/10 лет) пространственно осредненных аномалий приземной температуры по данным разных источников (в среднем за осенний сезон и по месяцам)

Регион	1976-2016				1917-2016			
	осень	*сентябрь*	*октябрь*	*ноябрь*	осень	*сентябрь*	*октябрь*	*ноябрь*
HadCRUT4 (*Hadley/CRU, суша+море*)								
Земной шар	0.183	0.179	0.194	0.177	0.072	0.070	0.070	0.075
Северное полушарие	0.259	0.250	0.270	0.256	0.074	0.070	0.070	0.081
Южное полушарие	0.108	0.108	0.119	0.099	0.070	0.069	0.071	0.068
T3288 (*ИГКЭ, суша*)								
Земной шар	0.307	0.290	0.327	0.308	0.095	0.085	0.091	0.111
Северное полушарие	0.353	0.318	0.376	0.367	0.099	0.084	0.09	0.125
Южное полушарие	0.201	0.219	0.215	0.169	0.092	0.094	0.101	0.080
CRUTEM4 (*Hadley/CRU, суша*)								
Земной шар	0.300	0.283	0.318	0.299	0.094	0.085	0.091	0.105
Северное полушарие	0.349	0.316	0.369	0.362	0.094	0.080	0.087	0.115
Южное полушарие	0.202	0.217	0.216	0.173	0.093	0.096	0.098	0.085
HadSST3 (*Hadley/CRU, море*)								
Земной шар	0.145	0.152	0.150	0.133	0.063	0.064	0.063	0.062
Северное полушарие	0.208	0.226	0.212	0.188	0.063	0.066	0.063	0.060
Южное полушарие	0.086	0.082	0.093	0.083	0.064	0.064	0.065	0.065

Примечание. Все оценки в таблице статистически значимы на 1%-м уровне.

Для большей наглядности, в табл. 3.2 выполнено сравнение разных групп оценок с помощью показателей k_1-k_3 , полученных как отношение сравниваемых коэффициентов тренда, в том числе:

- $k_1 = b_{суша}/b_{море}$, - сравнивает скорость потепления приземного воздуха над сушей (T3288, CRUTEM4) и поверхностного слоя океанов (HadSST3);
- $k_2 = b_{СП}/b_{ЮП}$ - сравнивает скорость потепления в Северном и Южном полушариях;
- k_3= b1976-2016/b1917-2016- - сравнивает скорость современного потепления (с 1976 г.) с потеплением последнего столетия.

Таблица 3.2 – Сравнение скорости потепления осенних сезонов в разных факторных подгруппах

k_1	**1976-2016**			**1917-2016**		
	ЗШ	СП	ЮП	ЗШ	СП	ЮП
T3288/HadSST3	2.12	1.70	2.34	1.51	1.57	1.44
CRUTEM4/HadSST3	2.07	1.68	2.35	1.49	1.49	1.45
k_2	**1976-2016**			**1917-2016**		
	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM
СП/ЮП	2.42	1.76	1.73	0.98	1.08	1.01
k_3	**СП**			**ЮП**		
	HadSST	T3288	CRUTEM	HadSST	T3288	CRUTEM
1976_2016 /1917_2016	3.25	3.57	3.71	1.34	2.18	2.17

Приведенные оценки наглядно показывают:

- Скорость современного потепления осенних сезонов (с середины 1970-х) у поверхности суши выше, чем на поверхности океанов, примерно в 1.7 раза в Северном полушарии и более чем вдвое – в Южном; на 100-летнем интервале, как в Северном, так и в Южном полушариях потепление приземного воздуха протекает интенсивнее потепления поверхности океанов лишь в 1.5 раза.

- В Северном полушарии современное потепление протекает интенсивнее, чем в Южном, почти в 2.5 раза на поверхности океанов и только в 1.7 раза над сушей; на 100-летнем интервале этого разрыва между полушариями практически нет (показатель k_2 около 1).

- Потепление осенних сезонов в последние 40-50 лет, ускорилось в сравнении со столетием (показатель k_3) примерно в 3.5 раза в Северном полушарии и в 1.5-2 раза – в Южном; при этом над сушей этот эффект выражен сильнее.

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРОСТРАНСТВЕННО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2016 гг. (осенний сезон).

Как уже отмечалось выше (табл. 2.2), в сравнении с осенью 2015 г., в текущем сезоне наблюдается повышение температуры в целом по Арктическому и Антарктическому широтным поясам – по-видимому, за счет континентов. В Арктическом поясе, и в среднем по североамериканскому континенту, аномалия температуры достигла рекордно высоких значений 2.1, 3.0 ^{o}C, соответственно. (рис. 4.1). С другой стороны, в среднем по территории Евразии, Южной Америки и Австралии, в сравнении с осенью 2015 г., температура понизилась. Однако во всех регионах наблюдаемая температура выше сезонной нормы и во всех них на конечном отрезке ряда (с 1976 г.) отмечается тенденция к потеплению, статистически значимая на 1%-уровне всюду, кроме Южной полярной области (табл. 4.1).

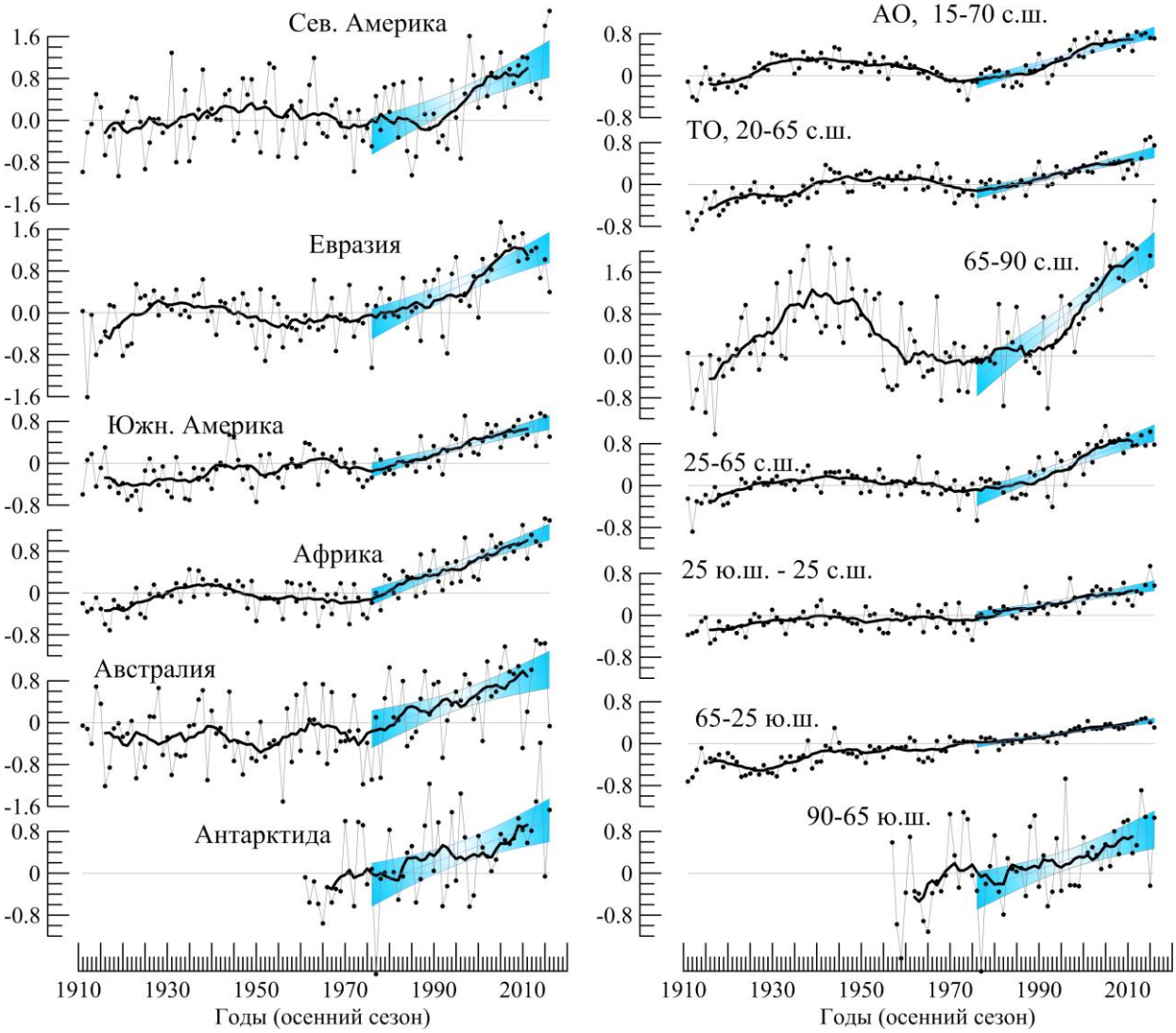


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных сезонных (осень) аномалий приземной температуры для континентов (слева), северных частей Атлантического и Тихого океанов (справа вверху) и основных широтных поясов земного шара (справа внизу).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1961–1990 гг. Показаны: 11-летние скользящие средние (жирные кривые) и линейный тренд за 1976-2016 гг. с 95% -м доверительным интервалом (голубая заливка). Расчеты выполнены по методике ИГКЭ: слева – по данным T3288 (ИГКЭ), справа - по данным HadCRUT4 (Hadley/CRU).

Таблица 4.1 – Коэффициенты линейного тренда (*°C/10 лет*) пространственно осредненных аномалий приземной температуры для континентов земного шара, северных частей Атлантического и Тихого океанов и основных широтных поясов, (1976-2016 гг., в среднем за осенний сезон и по месяцам)

Регион	Осень	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
HadCRUT4 *(Hadley/CRU, суша+море)*				
Атлантика (15-70N)	0.241	0.237	0.264	0.221
Тихий океан (20-65N)	0.194	0.213	0.196	0.174
Арктический пояс (65-90N)	0.62	0.429	0.742	0.709
Умеренный пояс СП (25-65N)	0.308	0.313	0.32	0.29
Тропики (25S-25N)	0.148	0.146	0.152	0.147
Умеренный пояс ЮП (65-25S)	0.116	0.111	0.132	0.102
Антарктический пояс (90-65S)	0.292	0.336	0.313	0.213
Т3288 *(ИГКЭ, суша)*				
Северная Америка	0.369	0.347	0.349	0.414
Евразия	0.365	0.336	0.412	0.356
Южная Америка	0.226	0.273	0.219	0.201
Африка	0.309	0.236	0.354	0.335
Австралия	0.284	0.313	0.324	0.214
Антарктида	0.308	0.330	0.311	0.202

Примечание: Все оценки статистически при $\alpha < 1\%$.

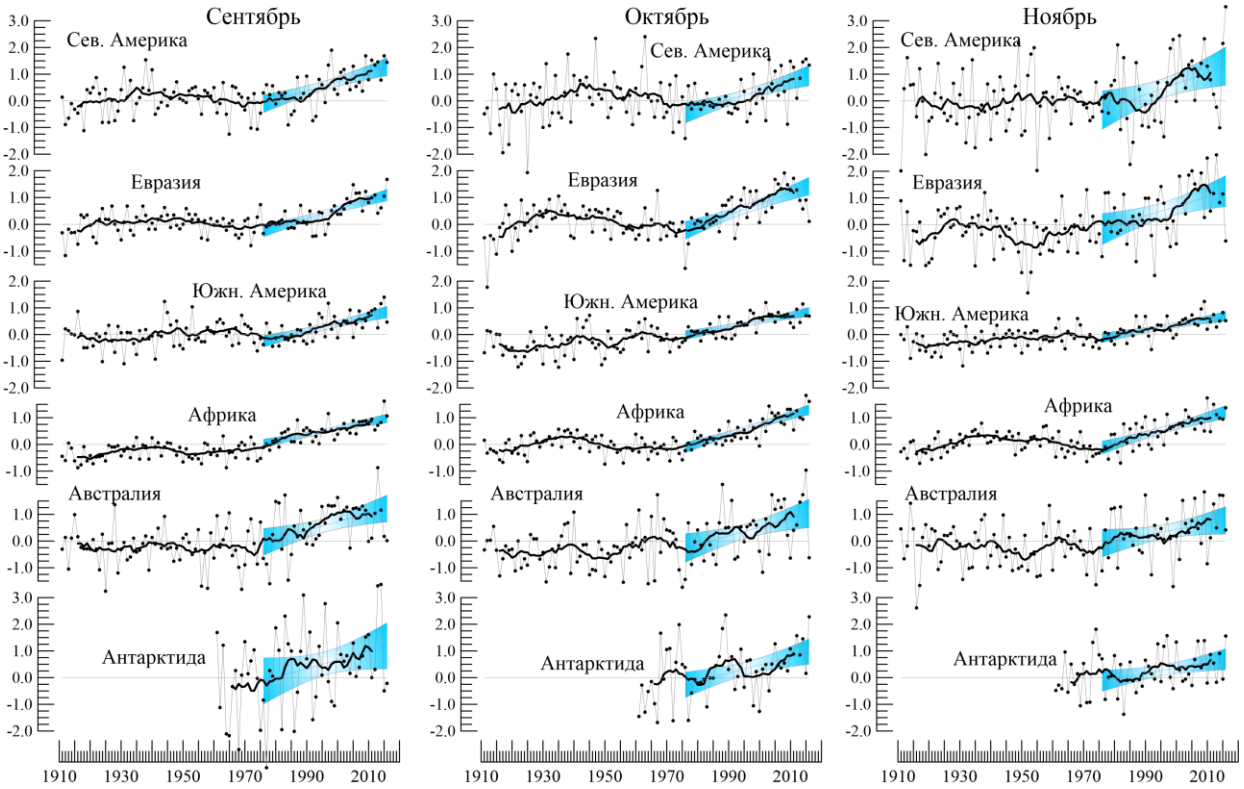


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1, но для средних месячных аномалий (сентябрь, октябрь, ноябрь) и только для континентов. Расчеты выполнены по методике ИГКЭ в применении к станционным данным Т3288 (ИГКЭ).

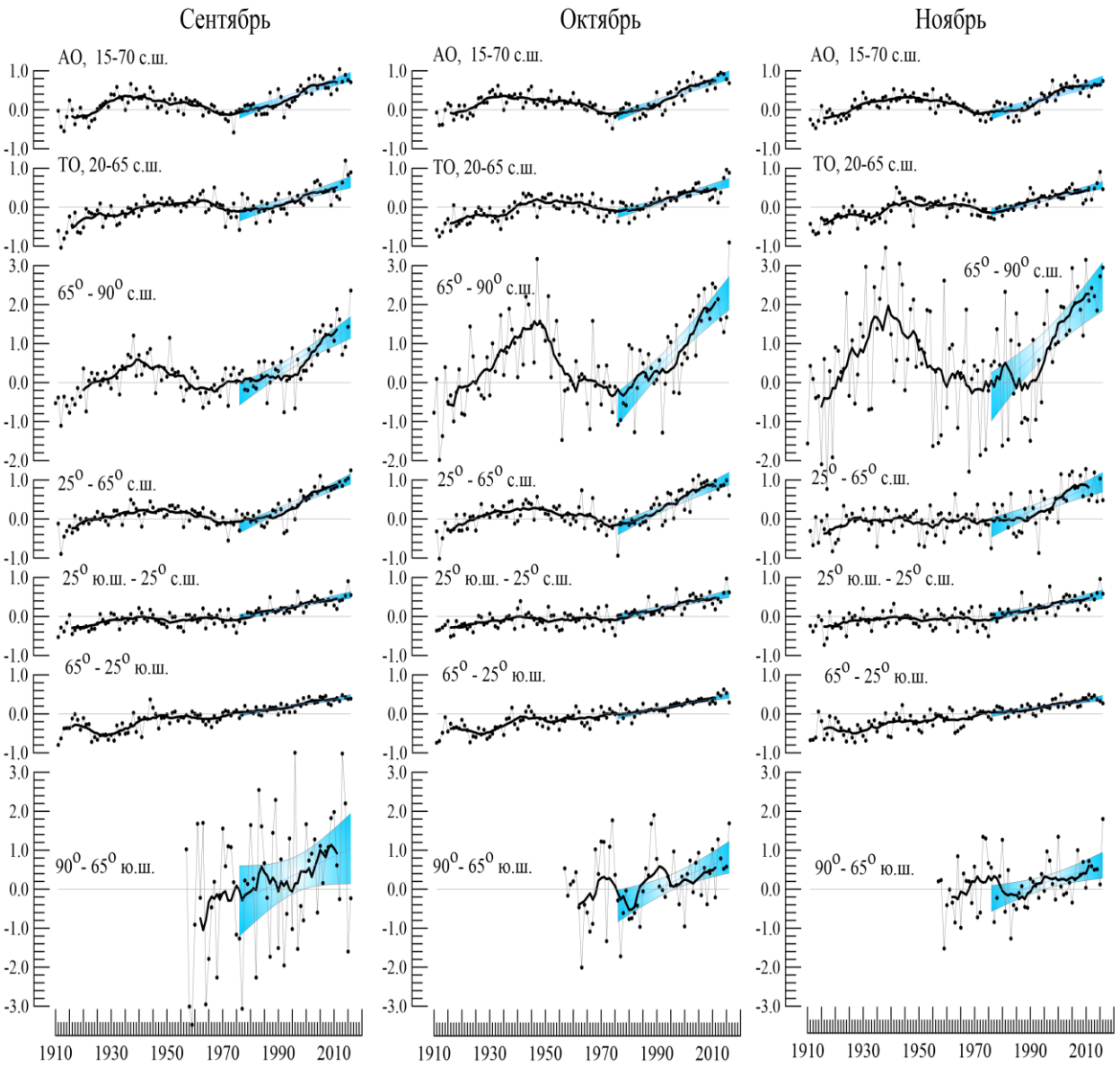


Рисунок 4.3 – См. рис. 4.2, но для океанов и широтных поясов земного шара. Расчеты выполнены по методике ИГКЭ по данным в центрах 5-градусных боксов HadCRUT4 (Hadley/CRU).

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА, 1976-2016 гг. (осенний сезон)

В соответствии с принятыми критериями, для оценки трендов используются временные ряды с обязательным наличием данных за последний год (2016) и полнотой наблюдений не менее 80%. В текущем сезоне такие ряды (рис. 5.1, 5.2) получены для 1760 станций по данным Т3288, ИГКЭ и для 1594 боксов по данным HadCRUT4.

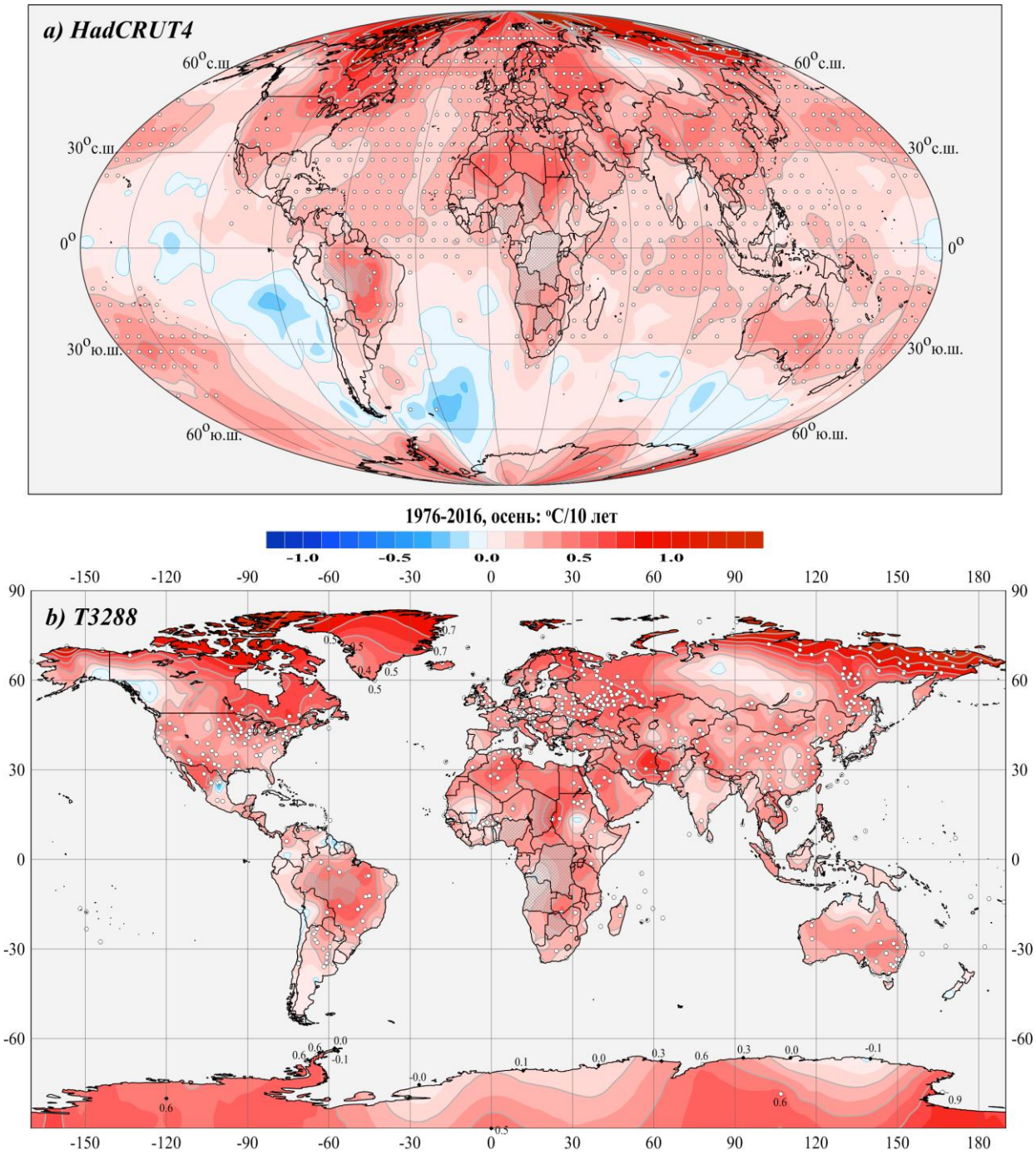


Рисунок 5.1 - Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда средней за осенний сезон приземной температуры за период 1976-2016 гг. (в °С/10 лет). Белыми кружками показано положение станций/боксов, на которых тренд статистически значим на 1%-м уровне:

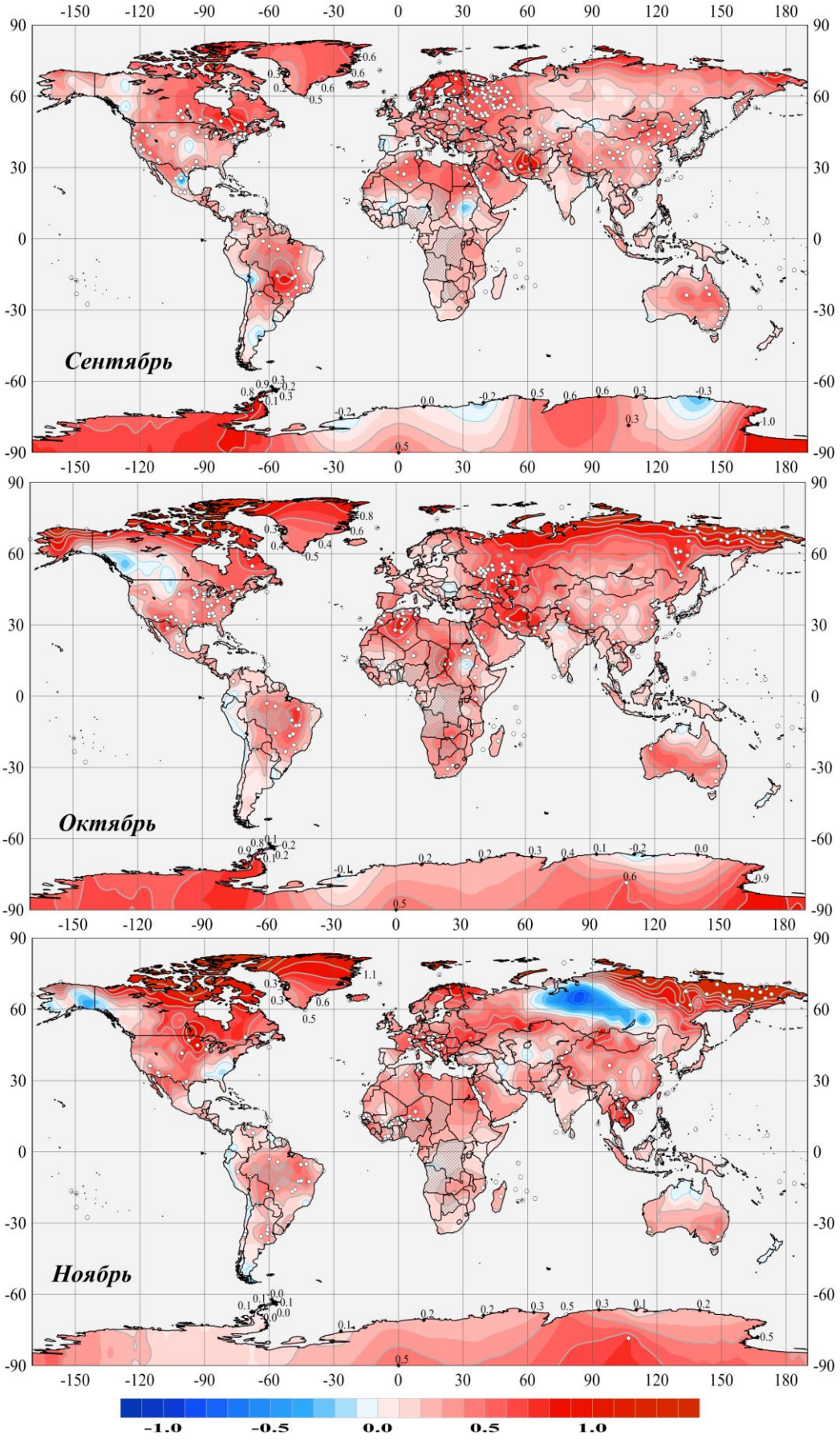


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов линейного тренда средней месячной температуры воздуха (сентябрь, октябрь, ноябрь) над сушей земного шара. Расчет выполнен по станционным данным Т3288 (ИГКЭ, только суша) за 1976-2016 гг.

Как следует из рис. 5.1, 5.2, на большей части земного шара, по-прежнему, отмечается тенденция к потеплению осенних сезонов, причем примерно половина всех оценок статистически значима на 1%-м уровне (857 станций, 827 боксов). Слабая тенденция к похолоданию осеней (отрицательные коэффициенты тренда) получена в 118 боксах (в основном, в Южном океане, в восточных районах Тихого океана) и на 73 станциях. Практически все отрицательные тренды статистически незначимы на 5%-м уровне.

В среднем по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, тренд (средняя скорость) потепления осенних сезонов 1976-2016 гг. составляет 0.307, 0.353, 0.201^{o}C/10лет для суши (по данным T3288, ИГКЭ) и 0.183, 0.259, 0.108^{o}C/10лет для суши и моря совместно (по объединенным данным HadCRUT4, Hadley/CRU).

Таким образом, практически на всей территории суши земного шара, включая Антарктиду, определенно отмечается тенденция к потеплению осенних сезонов. Тенденция к похолоданию очень локальна (в основном, в Южном океане) и практически всюду статистически не значима.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В целом для Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий, осенний сезон 2016 г. лишь по температуре поверхности океанов оказался вторым самым теплым после 2015 г. (в Южном полушарии – третьим). Но по данным о температуре приземного воздуха над сушей (см. T3288, CRUTEM4) в Южном полушарии он не вошел даже в пятерку самых теплых сезонов. При совместном рассмотрении (суша+море), с учетом территории и суши, и океанов (данные HadCRUT4), сезон попал в первую четверку самых теплых осеней с 1850 г.

2. В сезонных (осень) временных рядах для Земного шара, Северного и Южного полушарий, в 2016 г., в сравнении с 2015 г., отмечается понижение средней температуры более чем на 0.2 ^{o}C. Понижение сезонной температуры от 2015 к 2016 гг. отмечается также и в среднем по территории почти всех рассматриваемых регионов (табл. 2.2). Самым заметным понижение температуры было в Австралии (1.59 ^{o}C) и Евразии (0.62^{o}C). Более теплой, чем в 2015 г., осень была в Северной и Южной полярных областях, в среднем по Арктическому и Антарктическому широтным поясам (по-видимому, за счет континентов, Антарктиды и Северной Америки).

3. Во всех рассматриваемых регионах, кроме Австралии, средняя температура осеннего сезона в этом году была выше климатической нормы, но рекордно высоких значений она достигла только в Арктическом широтном поясе и в Северной Америке (2.96 и 2.09 ^{o}C, соответственно).

4. Самым теплым месяцем сезона оказался сентябрь с рекордно высокими аномалиями тепла в Северном полушарии: по станционным данным T3288 и CRUTEM4 – на полушарии в целом (и, как следствие, в целом над сушей Земного шара), а по данным на полной сетке HadCRUT4 – по арктическому и умеренному широтным поясам. Региональные отрицательные аномалии отмечались в отдельные месяцы в среднем по Антарктическому поясу и Антарктиде (сентябрь), а также по Австралии (октябрь) и Евразии (ноябрь).

5. Из общего числа поступивших станционных данных (N=1843), массив Т3288), сезонные аномалии на 23.4% станций попали в 5% самых теплых, в том числе 8.3% зафиксировали осуществление новых рекордов тепла. На 35 станциях (на юго-востоке Сибири, в Монголии и в Южной Америке) зафиксированы значения ниже 5-го процентиля, 9 из которых – абсолютные минимумы.

6. В сентябре значительные положительные аномалии занимали бóльшую часть северных континентов, а значительные отрицательные аномалии отмечались лишь в Антарктиде и в Австралии. В октябре, напротив, умеренные широты Евразии и Северной Америки оказались в области отрицательных аномалий, особенно значительных на территории Сибири, а на всей территории США и в западном секторе Антарктиды зафиксированы крупные (выше 5 ^{o}C) положительные аномалии. В ноябре уже практически вся территория Евразии (кроме Западной Европы, крайнего северо-востока России и южной Азии) представляет единый очаг отрицательных аномалий, а весь Североамериканский континент и большая часть Антарктиды.

7. В среднем по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий, тренд (средняя скорость) потепления осенних сезонов 1976-2016 гг. составляет 0.307, 0.353, 0.201^{o}C/10лет для суши (по данным Т3288, ИГКЭ) и 0.183, 0.259, 0.108^{o}C/10лет для суши и моря совместно (по объединенным данным HadCRUT4, Hadley/CRU). На большей части земного шара (и практически на всех континентах, включая Антарктиду), четко отмечается статистически значимая на 1%-уровне тенденция к потеплению осенних сезонов. Тенденция к похолоданию очень локальна (в основном, в Южном океане) и практически всюду статистически не значима.

8. Современное потепление осенних сезонов (с середины 1970-х) протекает в 1.7-2.0 раза интенсивнее у поверхности суши, чем на поверхности океанов и в Северном полушарии интенсивнее, чем в Южном. На 100-летнем интервале (1917-2016 гг.) этого разрыва между полушариями и суша/море практически нет.

Потепление осенних сезонов в последние 40-50 лет, ускорилось в сравнении со столетием примерно в 3.5 раза в Северном полушарии и в 1.5-2 раза – в Южном; при этом над сушей этот эффект выражен сильнее.