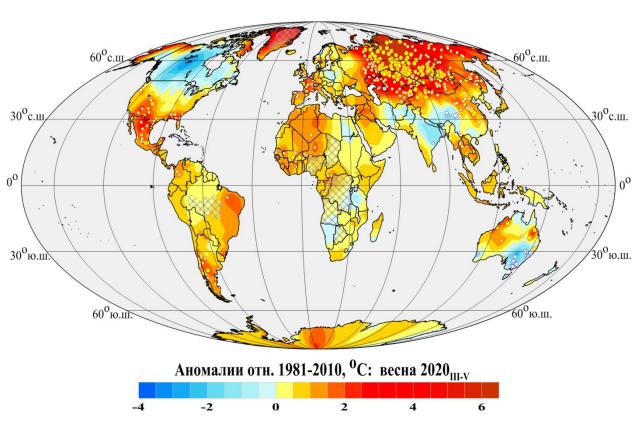
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля»

Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара

Приземная температура

Весна 2020



Москва 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ^{1,2}

| 1. | ВВЕДЕНИЕ | 3 |
|----|--|----|
| 2. | ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ВЕСНОЙ 2020 года. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ | 6 |
| 3. | КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 1850-2020 гг. (весенний сезон) | 12 |
| 4. | ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2020 гг. (весенний сезон) | 17 |
| 5. | ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2020 гг. (весенний сезон) | 20 |
| 6 | ЗУКЛЮПЕНИЕ | 24 |

_

 $^{^1}$ Бюллетень подготовлен в ФГБУ «ИГКЭ». Данные текущих наблюдений (сводки КЛИМАТ и СИНОП из оперативного потока) подготовлены в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ «Гидрометцентр РФ». Все Бюллетени мониторинга климата, сезонные и годовые, выпускаемые в ФГБУ «ИГКЭ», размещаются на сайте http://climatechange.igce.ru/

 $^{^2}$ На обложке приведено поле средних сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара: весна 2020 года. Использованы станционные данные ИГКЭ: T3288.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем бюллетене представлены данные о климатических аномалиях весеннего сезона 2020 года и обновленные (с учетом этих данных) оценки тенденций в изменении температурного режима весенних сезонов на территории земного шара в течение 1976–2020 гг. (по разделу «приземная температура»). Оценки приведены для сезона в целом и каждого из месяцев (март-апрель-май).

Бюллетень подготовлен в рамках оперативного мониторинга климата в ФГБУ «ИГКЭ»³, с использованием данных метеорологических наблюдений о среднемесячной температуре приземного воздуха на 3288 наземных станциях земного шара (массив Т3288 - данные ИГКЭ; массив сформирован и ежемесячно пополняется средствами технологии мониторинга на основе телеграмм КЛИМАТ, СИНОП).

Параллельно в бюллетене приводятся оценки по данным о приповерхностной температуре на сети 5-градусных боксов, охватывающей всю территорию земного шара, включая континенты и океаны (массивы HadCRUT4, CRUTEM4, HadSST3 - данные метеослужбы Великобритании⁴; в бюллетене упоминаются как «данные Hadley/CRU»).

Таким образом, массив Т3288 служит базовым массивом для оценки состояния температурных условий на суше земного шара, а массив HadCRUT4 используется для создания полной картины над сушей и океанами. Глобальные временные ряды CRUTEM4, HadSST3 приводятся как дополнительная информация из альтернативного источника (в том числе, для сравнения с одноименными данными ИГКЭ с целью лучшего понимания меры их неопределенности). В соответствии с рекомендацией ВМО⁵, все основные оценки приводятся в аномалиях температуры относительно базового периода 1981-2010 гг.

Развернутый комментарий к материалам бюллетеня с описанием используемых источников, сети станций и элементов методики размещен на сайте ИГКЭ⁶.

Сравнение глобальных временных рядов сезонных аномалий температуры приземного воздуха по данным Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU). Близость рядов примерно с середины прошлого столетия четко видна уже визуально (рис. 1.1). Количественные результаты их сравнения (статистические характеристики попарных разностей) по данным за 1976-2020 гг. и 1921-2020 гг. (последнее 100-летие) приведены в табл. 1.1 для Земного шара, Северного и Южного полушарий.

 $^{^3}$ Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 20 декабря 2016 г. – http://method.meteorf.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-центром (Met Office Hadley Centre) и Университетом Восточной Англии (CRU UEA). Данные ежемесячно обновляются и публикуются производителем на web-сайтах http://www.MetOffice.gov.uk и http://www.MetOffice.gov.uk и http://www.detOffice.gov.uk и http://www.cru.uea.ac.uk в форме глобальных сеточных полей (в центрах 5-градусных боксов) и http://www.cru.uea.ac.uk в форме глобальных сеточных полей (в центрах 5-градусных боксов) и http://www.cru.uea.ac.uk в форме глобальных сеточных полей (в центрах 5-градусных боксов) и http://www.cru.uea.ac.uk в форме глобального шара и обоих полушарий). В данном выпуске использованы данны

⁵ WMO, 2018: Press Release Number: 18-01-2018/WMO confirms 2017 among the three warmest years on record.

⁶ О бюллетене GCCM (read me). URL: http://climatechange.igce.ru /index.php?option=com_docman &task=doc_download&gid=220 &Itemid=76&lang=ru.

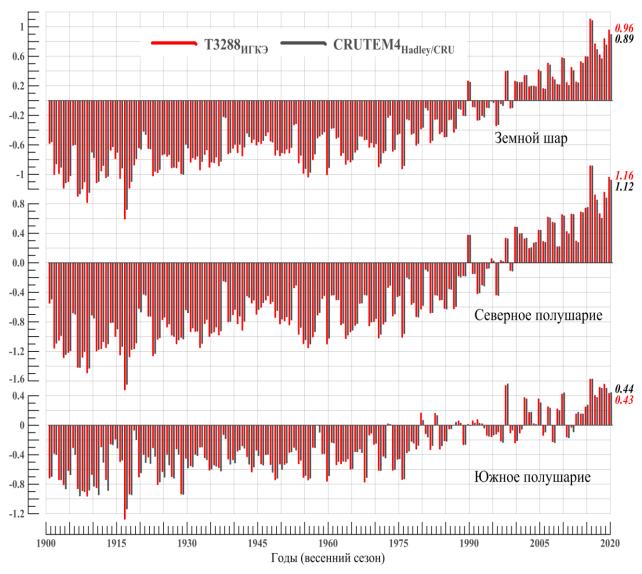


Рисунок 1.1 — Временные ряды пространственно осредненных сезонных аномалий температуры приземного воздуха над сушей Земного шара, Северного и Южного полушарий (°С, 1901-2020 гг., весна). *Использованы временные ряды, рассчитанные по данным массива Т3288 (ИГКЭ) и глобальные временные ряды CRUTEM4 (Hadley/CRU).*

Таблица 1.1 – Оценки близости/различия глобальных временных рядов Т3288 (ИГКЭ) и CRUTEM4 (Hadley/CRU) в среднем за весенний сезон для территории суши Земного шара (ЗШ), Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий

| Overvier | | 1976-202 | 0 | | 1921-2020 | |
|----------------------------------|------|----------|------|-------|-----------|------|
| Оценка | ЗШ | СП | ЮП | ЗШ | СП | ЮП |
| Корреляция рядов | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.99 |
| Среднее различие, °С | 0.01 | 0.01 | 0.00 | -0.02 | -0.02 | 0.01 |
| СКО (сигма) различий, °С | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.05 |
| Среднее абсолютное различие, °С | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 |
| Макс. абсолютное различие, °С | 0.09 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.15 |
| Разность коэфф. тренда, °C/10лет | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| CKO T3288, °C | 0.45 | 0.55 | 0.29 | 0.51 | 0.60 | 0.34 |
| CKO CRUTEM4, °C | 0.43 | 0.53 | 0.28 | 0.48 | 0.58 | 0.34 |

Можно видеть, что среднее различие рядов по модулю не превышает 0.02° С (после $1976 \, \text{г.} - 0.01^{\circ}$ С) (табл. 1.1, рис. 1.1). Стандартные отклонения различий ($0.02-0.05^{\circ}$ С) на порядок ниже стандартного отклонения самих рядов ($0.28-0.60^{\circ}$ С). За период современного потепления ($1976-2020 \, \text{гг.}$) максимальное различие составило лишь 0.10° С (ЮП, 1980), а за весь вековой период 0.15° С (ЮП, 1926). При этом во всех случаях ряды характеризуются исключительно высокой корреляцией (не ниже 0.99) и предельно низким различием трендов (до $+0.01^{\circ}$ С/ $10 \, \text{лет}$).

Межгодовые изменения приземной температуры весеннего сезона последних пяти лет (от момента абсолютного максимума в 2016 г.), в среднем по территории суши Земного шара и полушарий, представлены в таблице 1.2. Можно видеть, что в Северном полушарии похолодание 2017-2018 гг. в значительной мере компенсировалось сменившим его двухлетним потеплением (-0.649/-0.711 против -0.155/-0.193°С), тогда как в Южном полушарии нынешнее похолодание практически вернуло температуру к уровню 2017 г.

Таблица 1.2 – Межгодовые изменения приземной температуры весеннего сезона относительно весны экстремального 2016 г.

(в среднем по территории суши Земного шара и полушарий, °С)

| Межгодовые | Данны | ıе Т3288, ⁰С (| ИГКЭ) | Данные CRUTEM4, °C (Hadley/CRU) | | | |
|------------|--------|-----------------------|--------|------------------------------------|--------|--------|--|
| разности | 3Ш | СП | ЮП | ЗШ | СП | ЮП | |
| 2016 | 1.105 | 1.314 | 0.625 | 1.083 | 1.313 | 0.624 | |
| 2017-2016 | -0.337 | -0.394 | -0.222 | -0.391 | -0.463 | -0.249 | |
| 2018-2017 | -0.148 | -0.255 | 0.110 | -0.125 | -0.248 | 0.124 | |
| 2019-2018 | 0.218 | 0.292 | 0.043 | 0.185 | 0.276 | 0.002 | |
| 2020-2019 | 0.118 | 0.202 | -0.125 | 0.142 | 0.242 | -0.060 | |
| 2020-2016 | -0.149 | -0.155 | -0.194 | -0.189 | -0.193 | -0.183 | |

2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ У ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМНОГО ШАРА ВЕСНОЙ 2020 ГОДА. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ

Весна 2020 года была *вторым самым теплым весенним сезоном* по Земному шару в целом и в Северном полушарии (после рекордного 2016 года), а в Южном полушарии – пятым самым теплым весенним сезоном за всю историю наблюдений (табл. 2.1), как в целом для суши и моря, так и для суши отдельно. На поверхности океанов (данные HadSST3, только море) весна 2020 г. была *самой теплой* за весь период наблюдений в Северном полушарии, *четвертой* – в Южном полушарии и *второй* – в целом по Земному шару.

Таблица 2.1 — Самые теплые весенние сезоны по данным разных источников для Земного шара, Северного и Южного полушарий:

средняя за сезон аномалия температуры VT и год наблюдения

| No. | 3 | Ш | | СП | Н | ОП | | | | | | |
|--------------------|--------|-------------|--------------|--------------|-------|-------------|--|--|--|--|--|--|
| Nº | VT, °C | Год (весна) | VT,°C | Год (весна) | VT,°C | Год (весна) | | | | | | |
| | | HadCRUT | 4 (Hadley/CH | RU, суша+мор | e) | | | | | | | |
| 1 | 0.618 | 2016 | 0.829 | 2016 | 0.405 | 2016 | | | | | | |
| 2 | 0.545 | 2020 | 0.790 | 2020 | 0.343 | 1998 | | | | | | |
| 3 | 0.457 | 2017 | 0.607 | 2017 | 0.329 | 2019 | | | | | | |
| 4 | 0.456 | 2019 | 0.581 | 2019 | 0.309 | 2017 | | | | | | |
| 5 | 0.398 | 2015 | 0.570 | 2015 | 0.298 | 2020 | | | | | | |
| Т3288 (ИГКЭ, суша) | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.105 | 2016 | 1.314 | 2016 | 0.625 | 2016 | | | | | | |
| 2 | 0.956 | 2020 | 1.159 | 2020 | 0.556 | 2019 | | | | | | |
| 3 | 0.838 | 2019 | 0.957 | 2019 | 0.536 | 1998 | | | | | | |
| 4 | 0.768 | 2017 | 0.920 | 2017 | 0.513 | 2018 | | | | | | |
| 5 | 0.620 | 2018 | 0.740 | 2015 | 0.431 | 2020 | | | | | | |
| | | CRUTI | EM4 (Hadley | /CRU, суша) | | | | | | | | |
| 1 | 1.083 | 2016 | 1.313 | 2016 | 0.624 | 2016 | | | | | | |
| 2 | 0.894 | 2020 | 1.120 | 2020 | 0.559 | 1998 | | | | | | |
| 3 | 0.752 | 2019 | 0.878 | 2019 | 0.501 | 2019 | | | | | | |
| 4 | 0.692 | 2017 | 0.850 | 2017 | 0.499 | 2018 | | | | | | |
| 5 | 0.591 | 2015 | 0.750 | 2015 | 0.441 | 2020 | | | | | | |
| | | HadS | ST3 (Hadley/ | СRU, море) | | | | | | | | |
| 1 | 0.441 | 2016 | 0.580 | 2020 | 0.374 | 2016 | | | | | | |
| 2 | 0.425 | 2020 | 0.489 | 2016 | 0.323 | 2017 | | | | | | |
| 3 | 0.365 | 2017 | 0.425 | 2017 | 0.303 | 2019 | | | | | | |
| 4 | 0.348 | 2019 | 0.403 | 2015 | 0.284 | 2020 | | | | | | |
| 5 | 0.319 | 2015 | 0.397 | 2019 | 0.278 | 1998 | | | | | | |

Следует отметить, что сезон был исключительно теплым не только при глобальном рассмотрении. Это подтверждается значениями сезонной аномалии температуры в крупных регионах мира (табл. 2.2), которые почти все превысили уровень 90-го процентиля (кроме значений для Северной Америки, Австралии, Антарктиды и Антарктического пояса), а многие оказались рекордно высокими. В числе последних – пояс умеренных широт Северного полушария (в целом, и в каждом из двух его океанических секторов), евразийский континент (в целом и отдельно на территории Азии) и континент Южной Америки.

Второй яркой особенностью температурного режима этой весны следует, повидимому, считать существенные отрицательные аномалии температуры отдельных весенних месяцев в ряде регионов (средние по территории региона значения температуры ниже уровня 30-го, и даже 20-го, процентилей). К таким регионам относятся: в марте - Антарктида и Антарктический пояс в целом (соответственно, аномалия V=-1.4, -1.3°C, вероятность непревышения F=16, 28%); в мае – Австралия (V=-1.3°C, F=20%). К этой же группе можно отнести и Северную Америку в апреле (V=-0.28°C, V=-0.28°C, V=-

Таблица 2.2 - Пространственно осредненные значения аномалии (°C) приземной температуры и их вероятности непревышения на территории Земного шара весной 2020 г., в среднем за сезон и в каждом из месяцев

| Dorwon | Bed | сна | Ma | арт | Апр | ель | Ma | ай |
|------------------------------|---------------------|------|------------|----------|-----------|-----|--------|-----|
| Регион | vT _{III-V} | F% | vT_{III} | F% | vT_{IV} | F% | vT_V | F% |
| | | HadC | RUT4 (c | уша+мо | pe) | | | |
| Земной шар | 0.55 | 99 | 0.69 | 99 | 0.50 | 99 | 0.44 | 100 |
| Северное полушарие | 0.79 | 99 | 1.00 | 99 | 0.69 | 99 | 0.69 | 100 |
| Южное полушарие | 0.30 | 96 | 0.39 | 99 | 0.32 | 97 | 0.19 | 93 |
| Атлантика (15-70N) | 0.50 | 100 | 0.54 | 100 | 0.60 | 100 | 0.40 | 96 |
| Тихий океан (20-65N) | 0.73 | 100 | 0.67 | 100 | 0.62 | 99 | 0.89 | 100 |
| Арктический пояс (65-90N) | 2.04 | 98 | 1.99 | 94 | 2.56 | 98 | 1.50 | 98 |
| Умеренный пояс СП (25-65N) | 0.92 | 100 | 1.31 | 100 | 0.69 | 98 | 0.76 | 99 |
| Тропики (25S-25N) | 0.50 | 99 | 0.56 | 99 | 0.54 | 98 | 0.43 | 97 |
| Умеренный пояс ЮП (65-25S) | 0.19 | 94 | 0.27 | 95 | 0.16 | 90 | 0.12 | 85 |
| Антарктический пояс (90-65S) | 0.53 | 81 | -0.43 | 28 | 1.31 | 92 | 1.24 | 80 |
| | | IG | CE-T328 | 8 (суша) |) | | | |
| Земной шар | 0.96 | 99 | 1.35 | 99 | 0.81 | 98 | 0.72 | 100 |
| Северное полушарие | 1.16 | 99 | 1.64 | 99 | 0.89 | 97 | 0.96 | 100 |
| Южное полушарие | 0.43 | 96 | 0.55 | 97 | 0.62 | 98 | 0.15 | 86 |
| Северная Америка | 0.33 | 83 | 0.93 | 92 | -0.28 | 61 | 0.30 | 81 |
| Евразия | 1.68 | 100 | 2.48 | 99 | 1.38 | 95 | 1.21 | 99 |
| Европа | 1.20 | 94 | 3.18 | 100 | 0.45 | 75 | -0.04 | 63 |
| Азия | 1.81 | 100 | 2.24 | 97 | 1.68 | 99 | 1.56 | 100 |
| Южная Америка | 0.83 | 100 | 1.64 | 100 | 0.55 | 95 | 0.32 | 80 |
| Африка | 0.74 | 95 | 0.71 | 94 | 0.74 | 96 | 0.89 | 97 |
| Австралия | -0.04 | 72 | 0.19 | 65 | 0.99 | 95 | -1.30 | 20 |
| Антарктида | 0.74 | 86 | -1.41 | 16 | 1.72 | 91 | 1.90 | 91 |
| | | CI | RUTEM4 | 1 (cywa) | | | | |
| Земной шар | 0.89 | 99 | 1.26 | 99 | 0.75 | 98 | 0.67 | 99 |
| Северное полушарие | 1.12 | 99 | 1.61 | 99 | 0.83 | 97 | 0.92 | 100 |
| Южное полушарие | 0.44 | 96 | 0.55 | 98 | 0.61 | 98 | 0.17 | 87 |

Условные обозначения.

- 1. vT, ${}^{\circ}$ С наблюденная аномалия весной 2020 года (базовый период 1981-2010 гг.);
- 2. F% –значение эмпирической функции распределения $F=\operatorname{prob}(X \leq vT_{2020})$ по данным за 1911-2020 гг. (вероятность непревышения)
- 3. Красным шрифтом выделены абсолютные максимумы значения, наблюдавшиеся в 2020 г. и превысившие все значения ряда за 1911-2020 гг.
 - 4. Синим шрифтом выделены отрицательные аномалии.

Таблица 2.3 – Количество локальных экстремумов на территории Земного шара весной 2020 г по данным массивов HadCRUT4 и T3288 (все значения приведены в процентах от NN)

| | NN - | | Число за | начений в к | аждой кате | гории (в % | от NN) | |
|------------|----------|----------|------------|-------------|---------------|-------------|------------|-------|
| Регион | число | Аномалии | | | | тремумы | Абсол | ютные |
| ТСГИОН | станций/ | го) | н. 1981-20 | 10) | холода | /тепла | экстремумы | |
| | боксов | V < 0 | V=0 | V > 0 | $X <= P_{05}$ | $X>=P_{95}$ | X=min | X=max |
| | | | I | HadCRUT4 | (суша+мо | pe) | | |
| ЗШ | 1692 | 17.4 | 3.4 | 79.2 | 0.4 | 26.5 | - | 6.0 |
| СП | 950 | 11.9 | 2.1 | 86.0 | 0.2 | 32.0 | - | 7.8 |
| ЮП | 742 | 24.5 | 5.0 | 70.5 | 0.5 | 19.4 | - | 3.6 |
| 90-65N | 92 | 14.1 | 3.3 | 82.6 | - | 26.1 | - | 8.7 |
| 65-25N | 537 | 14.9 | 1.9 | 83.2 | 0.2 | 31.7 | - | 7.6 |
| 25S-25N | 646 | 9.6 | 3.7 | 86.7 | 0.5 | 33.1 | - | 6.7 |
| 25-65S | 401 | 34.4 | 5.0 | 60.6 | 0.5 | 9.7 | - | 2.2 |
| 65-90S | 16 | 12.5 | - | 87.5 | - | 6.3 | - | - |
| | | | | Т3288 (то | лько суша |) | | |
| ЗШ | 2293 | 16.7 | 2.4 | 80.9 | 1.4 | 25.2 | 0.8 | 8.0 |
| СП | 1911 | 13.3 | 1.9 | 84.8 | 0.4 | 26.7 | 0.2 | 8.5 |
| ЮП | 383 | 33.7 | 4.7 | 61.6 | 6.0 | 17.8 | 3.9 | 5.5 |
| С. Америка | 308 | 33.1 | 2.9 | 64.0 | - | 17.2 | - | 3.9 |
| Евразия | 1329 | 10.5 | 1.5 | 88.0 | 0.6 | 27.7 | 0.2 | 9.6 |
| Ю. Америка | 108 | 4.6 | 4.6 | 90.7 | - | 25.0 | - | 6.5 |
| Африка | 135 | 5.9 | 2.2 | 91.9 | - | 34.8 | - | 9.6 |
| Австралия | 156 | 64.7 | 7.1 | 28.2 | 14.1 | 6.4 | 9.0 | 4.5 |
| Антарктида | 18 | 5.6 | - | 94.4 | - | - | - | |
| Европа | 460 | 10.0 | 2.4 | 87.6 | - | 17.6 | - | 1.3 |
| Азия | 876 | 10.6 | 1.0 | 88.4 | 0.9 | 33.1 | 0.3 | 13.9 |

Пространственное распределение аномалий температуры весной 2020 г. (рис. 2.1, табл. 2.3) также показывает преобладание положительных аномалий, как в целом на земном шаре (81% всех станционных данных и 72% данных в боксах), так и на всех континентах (кроме Австралии) и во всех широтных поясах. Так, крупные положительные аномалии охватили практически всю бореальную Азию (аномалии до 8.7°С в нижнем течении Енисея). Менее интенсивные, но обширные аномалии (до +2.5; +3°С) отмечены на территории Западной Европы Центральной и Южной Америки, Индонезии и Новой Зеландии, а также в Атлантике (20S – 40N), Тихом и Индийском (20S-10N) океанах. При этом четверть всех значений (25% станций, 21% боксов) - 5%-е экстремумы тепла (бОльшая часть в Северном полушарии), и среди них менее 10% - абсолютные максимумы (в основном, в Азии и Африке). В южной полярной области (Антарктика) абсолютных экстремумов не наблюдалось.

Крупные отрицательные аномалии (до -3.5°С) сосредоточены на юге Австралии: доля отрицательных аномалий - 65%, в том числе 14% - 5%-е экстремумы холода, 9% - абсолютные минимумы. Аномалии до -2.5°С (притом - без экстремумов) отмечены в северных умеренных широтах Америки (вся материковая территория Канады) и Атлантики, на приграничной территории Индии и Китая, а также в южных широтах Атлантики (70S-20S), на юго-востоке Тихого и на юге Индийского океанов.

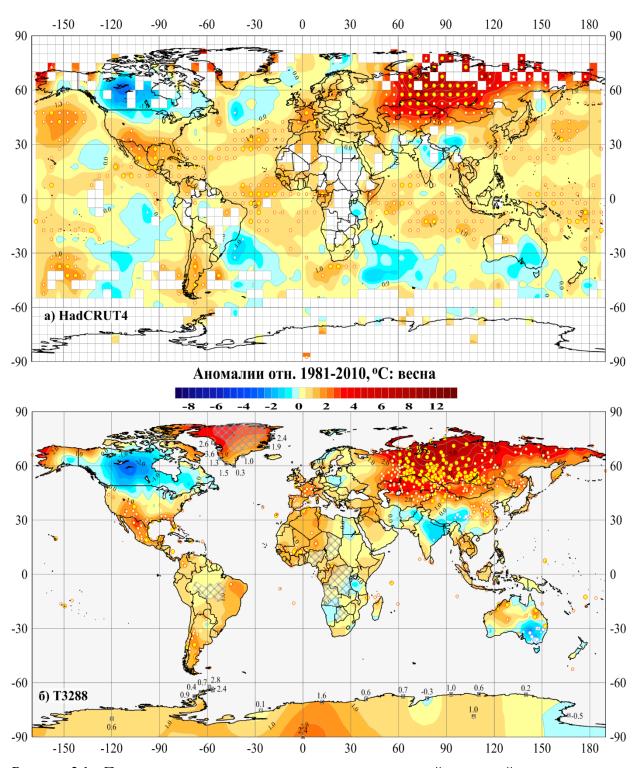


Рисунок 2.1 — Пространственное распределение сезонных аномалий приземной температуры на территории Земного шара весной $2020 \, \text{г.:}\ a)$ по сеточным данным Hadley/CRU: HadCRUT4 (суша+море), б) по станционным данным ИГКЭ: Т3288 (только суша).

Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1981-2010 гг. Кружками белого (минимумы) и желтого (максимумы) цвета указано положение боксов/станций с рекордными значениями аномалий. Значками меньшего размера указано положение 5%-х экстремумов того же знака. Для станций Антарктиды и Гренландии непосредственно в точках расположения станций показаны числовые значения наблюдаемых аномалий. Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений.

Внутрисезонные особенности температурного режима в течение весны 2020 г. можно проследить по изменению от месяца к месяцу наблюдаемых локальных оценок, их пространственных и частотных распределений и региональных обобщений (рис. 2.2, 2.2). В частности, дополнительная информация о частотных распределениях экстремальных среднемесячных аномалий в каждом из регионов (табл. 2.4) хорошо согласуется с представленными выше ежемесячными региональными оценками.

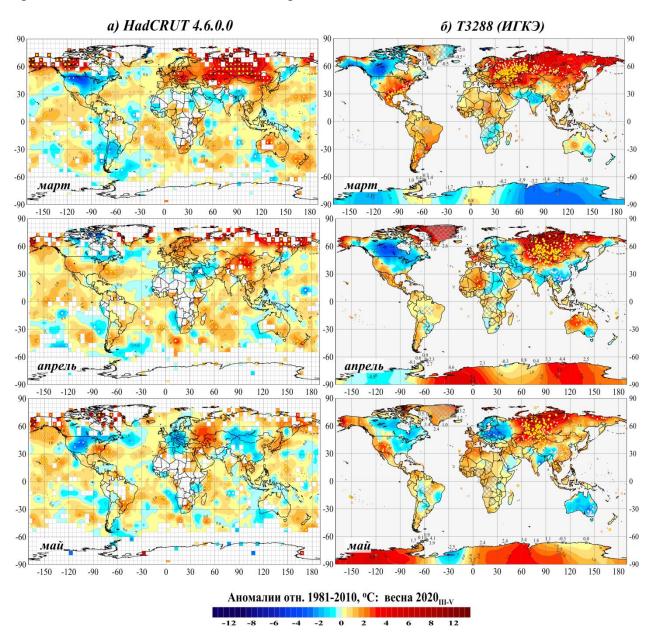


Рисунок 2.2 — Пространственное распределение среднемесячных аномалий приземной температуры на территории Земного шара весной 2020 г. (март, апрель, май). Условные обозначения см. рисунок 2.1

Межмесячные различия в характере температурных условий текущего весеннего сезона связаны, главным образом, с локализацией и интенсивностью аномалий температуры во внетропических широтах обоих полушарий: в Северном полушарии – в основном, на континентах, в Южном – еще и на акваториях океанов.

Так, в Северном полушарии в марте отрицательные аномалии отмечены только в североамериканском секторе умеренных широт (восточная территория Канады и небольшие смежные акватории Тихого океана и Атлантики), тогда как практически вся Евразия (севернее 30-й параллели) и вся Центральная Америка охвачены крупными положительными аномалиями с многочисленными локальными экстремумами и температурными рекордами. В апреле область отрицательных аномалий включает уже всю территорию Канады и Соединенных Штатов и тянется через Атлантику и Норвежское море в Восточную Европу и далее, в Среднюю и Юго-восточную Азию. В мае отрицательные аномалии на территории Канады и Северной Атлантики стали слабее, но оформился замкнутый очаг холода в Восточной Европе, включивший также и акваторию Норвежского моря, и Скандинавию. Небольшие области отрицательных аномалий наблюдались также на границе Индии и Китая и в Охотском море. Вся остальная территория Северного полушария в мае занята положительными аномалиями с многочисленными, в том числе обширными областями 5%-х экстремумов тепла. Среди них акватории всех трех океанов (кроме уже описанной «холодной» части Северной Атлантики), вся азиатская территория России, Монголии и Казахстана, Западная Европа, прибрежные области на севере и западе Африки, Аляска и восточное побережье Северной Америки.

В Южном полушарии условия в течение этих трех месяцев в целом были более устойчивы. Области отрицательных аномалий сохранялись во всех южных океанах на протяжении всего сезона (с некоторыми модификациями их конфигурации), и при этом в марте ими была покрыта бОльшая часть Антарктиды, в мае — вся Австралия, а в Южной Америке и Африке уменьшилась площадь и заметно снизилась интенсивность положительных аномалий. Соответственно, в Европе, Азии и Северной Америке доля 5%-х экстремумов тепла уменьшилось от 26-29% в марте до 2.6-10.3-1.3 % в мае, а в Южной Америке — от 60 до 3.6% (подробнее см. табл. 2.4).

Таблица 2.4 - Доля 5%-х экстремумов холода/тепла в крупных регионах Земного шара в отдельные месяцы весеннего сезона 2020 гг. (Т3288, *молько суща*!)

| Регион | Всего станций | Март | Март 2020 | | ь 2020 | Май 2020 | | |
|--------------------|------------------|--------------------|-----------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--|
| ТСІЙОН | NN | X<=P ₀₅ | X>=P95 | X<=P ₀₅ | X>=P95 | X<=P ₀₅ | X>=P ₉₅ | |
| Земной шар | 2261 | 0.2 | 27.5 | 2.2 | 19.0 | 2.4 | 20.6 | |
| Северное полушарие | 1957 | 0.1 | 26.5 | 2.3 | 19.6 | 1.2 | 23.3 | |
| Южное полушарие | 305 | 1.3 | 33.4 | 1.3 | 15.8 | 7.9 | 8.4 | |
| Северная Америка | 309 | - | 26.5 | 0.7 | 8.8 | 0.3 | 1.3 | |
| Евразия | 1352 | 0.1 | 26.5 | 3.0 | 20.6 | 0.3 | 7.7 | |
| Южная Америка | 149 | - | 59.6 | - | 9.2 | - | 3.6 | |
| Африка | 147 | - | 14.8 | 0.8 | 32.3 | - | 10.4 | |
| Австралия | 75 | 2.6 | 6.4 | 3.2 | 16.0 | 8.0 | 0.6 | |
| Антарктида | 18 | 5.6 | - | - | 11.1 | - | - | |
| Европа | 453 | - | 28.9 | - | 15.4 | 0.2 | 2.6 | |
| Азия | 906 | 0.1 | 25.6 | 4.5 | 23.3 | 0.3 | 10.3 | |
| Арктика, 65-90с.ш. | 131 | - | 11.5 | - | 24.6 | - | 12.7 | |

Примечание. Процентное содержание экстремумов рассчитано по всем доступным станционным данным соответствующего месяца/сезона в рассматриваемом регионе (см. NN). Значения 5-го 95-го процентилей (P_{05} , P_{95}) рассчитаны для каждого календарного месяца и каждой станции по данным за 1911-2020 гг.

3. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОГО ШАРА ЗА ПЕРИОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, 1850-2020 гг. (весенний сезон)

Многолетние и межмесячные изменения глобальной температуры. На рис. 3.1 представлены межгодовые (по вертикали) и межмесячные (по горизонтали) изменения глобально осредненных аномалий приповерхностной температуры (для Земного шара и полушарий) на протяжении всего периода инструментальных наблюдений (с 1850 г.). Аномалии рассчитаны относительно среднего за весь период (1850-2020 гг.).

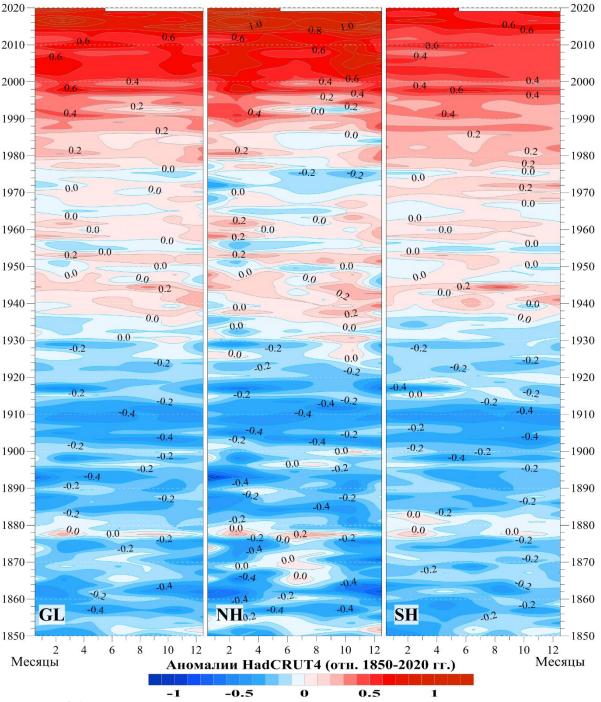


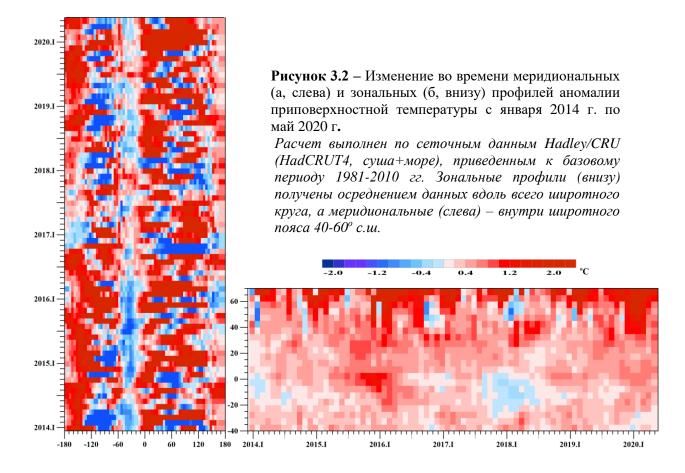
Рисунок 3.1 — Изменение аномалий средней месячной приповерхностной температуры (°C), осредненных по территории Земного шара (GL), Северного (NH) и Южного (SH) полушарий, в течение периода с января 1850 по май 2020 гг. Аномалии выражены как отклонения от средней за 1850-2020 гг. Использованы данные Hadley/CRU: HadCRUT4, UK

На рис. 3.1 хорошо прослеживаются все климатические особенности представленного периода: похолодание в начале 20-го столетия, арктическое потепление 1940-х и современное глобальное потепление, ставшее особенно активным с середины 1990-х. Наиболее ярко оно проявляется в Северном полушарии и заметно усилилось в последние годы — примерно с середины 2014 г. (в обоих полушариях).

Широтно-долготные разрезы. На рисунке 3.2 можно проследить меридиональные и зональные особенности температурного режима последних лет (2014-2020 гг.) в динамике, от месяца к месяцу (в том числе, внутри весеннего сезона 2020).

Зональный разрез (рис. 3.2а) характеризует узкий пояс умеренных широт Северного полушария (40-60°с.ш.), начиная от восточного сектора Тихого океана у берегов Северной Америки, далее — территория Канады—США, затем — Северная Атлантика, Евразия и западный сектор Тихого океана. В целом, на протяжении всего периода 2014-2020 гг., бросается в глаза устойчиво холодная Атлантика и теплый Тихий океан (особенно у берегов Америки). Четко видна смена этого режима противоположным осенью 2016, зимой 2017/2018 и летом 2019 гг. (только в Атлантике). Тогда же, в конце 2016, смена термических режимов произошла и в умеренных широтах обоих северных континентов: Америка стала более «холодной», Европа — более «теплой». В 2020 г. на рисунке хорошо прослеживаются: теплая зима на обоих континентах (особенно теплая в Евразии), холодная весна в американском секторе и в Европе и шестой месяц подряд крупные положительные аномалии в Сибири.

С середины 2018 г. зональные профили (рис. 3.26) иллюстрируют абсолютное доминирование положительных аномалий практически на всей территории земного шара (с явным усилением их интенсивности в северных широтах).



Временные ряды глобально осредненной температуры. Интегральную характеристику наблюдаемых крупномасштабных изменений приземной температуры дают глобально осредненные временные ряды для территории Земного шара и обоих полушарий, приведенные на рисунке 3.3.

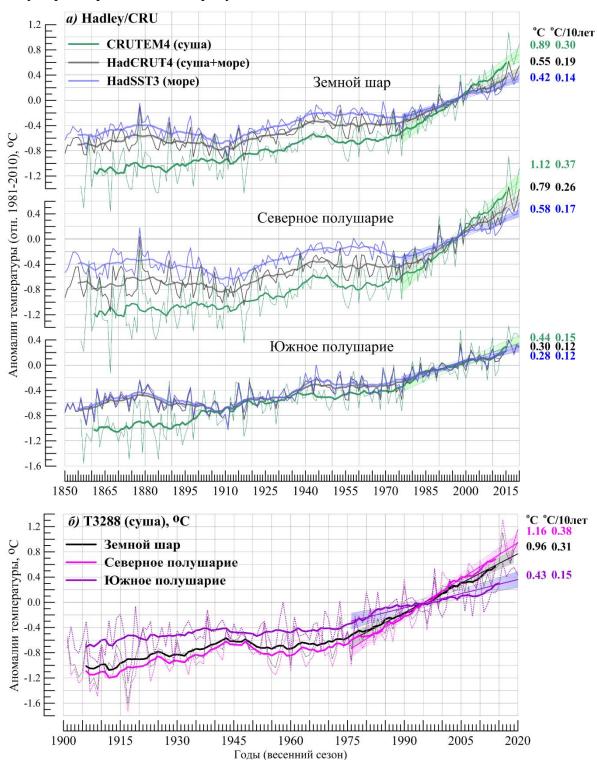


Рисунок 3.3 — Временные ряды сезонных аномалий приземной температуры (весна), осредненных по территории Земного шара, Северного и Южного полушарий: а) по данным Hadley/CRU, 1850-2020 гг.: HadCRUT4 (суша+море), CRUTEM4 (суша), HadSST3 (море); б) по данным ИГКЭ, 1901-2020 гг.: T3288 (суша).

Для всех рядов показан ход 11-летних скользящих средних и линейный тренд за 1976-2020 гг. с 95% доверительным интервалом. Справа приведены числовые значения сезонных аномалий в 2020 г. и значения коэффициентов линейного тренда за 1976-2020 гг. (°C/10лет, весна).

Коэффициенты линейного тренда приведены в таблице 3.1 для всех рядов (по всем наборам данных, для Земного шара и обоих полушарий) за 1976-2020 гг. (период современного глобального потепления) и 1921-2020 гг. (последнее 100-летие).

Таблица 3.1 – Коэффициенты линейного тренда (${}^{o}C/10$ лет) глобальных временных рядов приземной температуры за 1976-2020 гг. и 1921-2020 гг., в среднем за весенний сезон и по месяцам

| Darway | | 1976 | -2020 | | 1921-2020 | | | | |
|--------------------|-------|-------|--------|----------|-----------|-------|--------|-------|--|
| Регион | Весна | март | апрель | май | Весна | март | апрель | май | |
| | | | HadCRU | UT4 (cyu | іа+море) | | | | |
| Земной шар | 0.187 | 0.202 | 0.190 | 0.170 | 0.092 | 0.103 | 0.090 | 0.084 | |
| Северное полушарие | 0.255 | 0.283 | 0.251 | 0.231 | 0.105 | 0.125 | 0.102 | 0.089 | |
| Южное полушарие | 0.120 | 0.120 | 0.130 | 0.109 | 0.079 | 0.081 | 0.078 | 0.080 | |
| | | | T3288 | В-ИГКЭ (| (суша) | | | | |
| Земной шар | 0.312 | 0.365 | 0.307 | 0.258 | 0.150 | 0.180 | 0.147 | 0.123 | |
| Северное полушарие | 0.381 | 0.450 | 0.369 | 0.317 | 0.172 | 0.215 | 0.166 | 0.135 | |
| Южное полушарие | 0.150 | 0.162 | 0.165 | 0.122 | 0.090 | 0.081 | 0.097 | 0.092 | |
| | | | CRU | TEM4 (c | ywa) | | | | |
| Земной шар | 0.297 | 0.347 | 0.295 | 0.249 | 0.142 | 0.166 | 0.140 | 0.119 | |
| Северное полушарие | 0.371 | 0.445 | 0.360 | 0.310 | 0.165 | 0.206 | 0.162 | 0.128 | |
| Южное полушарие | 0.148 | 0.153 | 0.164 | 0.128 | 0.095 | 0.087 | 0.097 | 0.101 | |
| | | | Нас | lSST3 (м | оре) | | | | |
| Земной шар | 0.140 | 0.129 | 0.148 | 0.145 | 0.067 | 0.068 | 0.066 | 0.068 | |
| Северное полушарие | 0.167 | 0.144 | 0.172 | 0.185 | 0.060 | 0.057 | 0.061 | 0.063 | |
| Южное полушарие | 0.116 | 0.117 | 0.124 | 0.107 | 0.076 | 0.081 | 0.073 | 0.075 | |

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

В таблице 3.2 приведены показатели $k_1 - k_3$, сравнивающие оценки коэффициентов тренда в разных подгруппах данных (см. расшифровку в столбце «показатель»). Эти показатели количественно уточняют выводы, основанные на визуальном сопоставлении глобальных временных рядов (рис. 3.3) и соответствующих им оценок трендов (табл. 3.1).

Таблица 3.2 – Сравнение оценок скорости глобального потепления (у поверхности), полученных по данным разных источников и категорий (в среднем за весенний сезон)

| | Показатель | | 1976-2020 | | | 1921-2020 | | | |
|------------------|---|-------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|--|--|
| 1 _c . | | 3Ш | СП | ЮП | ЗШ | СП | ЮП | | |
| k ₁ | b_{T3288} / b_{HadSST} | 2.23 | 2.28 | 1.29 | 2.24 | 2.87 | 1.18 | | |
| | b_{CRUTEM} / b_{HadSST} | 2.12 | 2.22 | 1.28 | 2.12 | 2.75 | 1.25 | | |
| | <i>b</i> _{СП} / <i>b</i> _{ЮП} | | 1976-2020 | | 1921-2020 | | | | |
| \mathbf{k}_2 | | T3288 | CRUTEM | HadSST | T3288 | CRUTEM | HadSST | | |
| | | 2.54 | 2.51 | 1.44 | 1.91 | 1.74 | 0.79 | | |
| | | | СП | | ЮП | | | | |
| \mathbf{k}_3 | $b_{1976\text{-}2020}$ / $b_{1920\text{-}2020}$ | T3288 | CRUTEM | HadSST | T3288 | CRUTEM | HadSST | | |
| | | 2.22 | 2.25 | 2.78 | 1.67 | 1.56 | 1.53 | | |

Из оценок таблицы 3.2 можно сделать следующие выводы.

- Во всех рассмотренных случаях (кроме k_2 =0.79 в случае HadSST3, 1921-2020) оценки всех трех показателей k_1 - k_3 больше 1. Это значит, что, как правило, глобальное потепление *над сушей протекает быстрее*, чем над океанами, в Северном полушарии активнее, чем в Южном и в последние 40-50 лет ускорилось в сравнении с минувшим столетием в целом.
- Единственное полученное выше исключение: k_2 =0.79 в случае HadSST3, 1921-2020 указывает на очень существенную деталь: в течение 1921-2020 гг. потепление весенних сезонов на поверхности океанов протекало заметно активнее не в Северном полушарии, а в Южном! Это может означать, по-видимому, что и глобальное потепление в целом началось до 1975 г. с океанов Южного полушария! Однако этот вывод требует дополнительного анализа, с привлечением оценок для других сезонов.
- *В рамках одного полушария коэффициент ускорения* современного потепления относительно 100-летнего примерно одинаков для континентов и океанов, но в Северном полушарии он примерно в полтора раза выше, чем в Южном.

4. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ РЕГИОНАЛЬНО ОСРЕДНЕННЫХ АНОМАЛИЙ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, 1911-2020 гг. (весенний сезон)

Представленные ниже временные ряды (рис. 4.1, 4.2, 4.3) рассчитаны по методике ИГКЭ, по сеточным данным HadCRUT4 (для пяти широтных поясов и северных частей Атлантического и Тихого океанов) и по данным станционных наблюдений Т3288 (для шести континентов плюс отдельно для Европы и Азии). Данные до 1911 г. не приводятся, т.к. представляются недостаточно полными и надежными (особенно над океанами). На всех временных рядах показаны тренды за период 1976-2020 гг., условно принятый за период современного глобального потепления. Числовые оценки трендов для всех регионов приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Коэффициенты линейного тренда (${}^{o}C/10$ лет) регионально осредненных аномалий приземной температуры весеннего сезона за 1976-2020 гг. (в целом за сезон и по месяцам)

| Регион | Весна | Март | Апрель | Май |
|------------------------------|--------------|----------|--------|--------|
| Н | ladCRUT4 (cy | ша+море) | | |
| Атлантика (15-70N) | 0.171 | 0.168 | 0.179 | 0.166 |
| Тихий океан (20-65N) | 0.164 | 0.142 | 0.156 | 0.194 |
| Арктический пояс (65-90N) | 0.673 | 0.762 | 0.771 | 0.488 |
| Умеренный пояс СП (25-65N) | 0.299 | 0.354 | 0.276 | 0.264 |
| Тропики (25S-25N) | 0.152 | 0.148 | 0.161 | 0.149 |
| Умеренный пояс ЮП (65-25S) | 0.122 | 0.116 | 0.130 | 0.110 |
| Антарктический пояс (90-65S) | -0.005 | -0.066 | -0.053 | 0.110 |
| | Т3288 (сущ | ıa) | | |
| Северная Америка | *0.163 | 0.209 | 0.087 | *0.185 |
| Евразия | 0.528 | 0.682 | 0.514 | 0.386 |
| Европа | 0.467 | *0.476 | 0.529 | 0.390 |
| Азия | 0.543 | 0.730 | 0.518 | 0.382 |
| Южная Америка | 0.146 | *0.158 | 0.177 | *0.100 |
| Африка | 0.349 | 0.356 | 0.322 | 0.338 |
| Австралия | *0.157 | **0.182 | *0.245 | 0.043 |
| Антарктида | -0.007 | 0.020 | -0.091 | 0.068 |

Усл обозначения: * $\alpha \le 5\%$; ** $\alpha \le 10\%$; серая заливка - $\alpha \ge 10\%$ где α – уровень значимости. Оценки, статистически значимые на 1%-уровне, приведены без выделения

По данным HadCRUT4 (табл. 4.1, суша+море) во всех регионах, кроме Антарктического, оценки указывают на потепление весенних сезонов в течение 1976-2020 гг., статистически значимое на 1%-м уровне. Наиболее интенсивно потепление происходит в Арктическом поясе (сезонный тренд +0.673°C/10 лет, в марте +0.762°C/10 лет). В Антарктике во все месяцы и в целом за сезон гипотеза о наличии ненулевого тренда отвергается с вероятностью 91% (тренд ложный).

С той же доверительной вероятностью (91%) гипотеза о ненулевом тренде отвергается и по данным Т3288 для Антарктиды (табл. 4.1, суша). Судя по остальным оценкам для континентов, тенденция к потеплению уверенно (на 1%-уровне значимости) подтверждается лишь в среднем по территории Азии (+0.543°C/10 лет) и Африки (0.35°C/10 лет). В Евразии «уверенный» тренд (+0.528°C/10 лет) формируется, в значительной мере, за счет Азиатской территории.

Более детально проследить особенности многолетнего хода приземной температуры в каждом регионе и оценить современные тенденции их изменений можно по временным рядам на рис. 4.1-4.3.

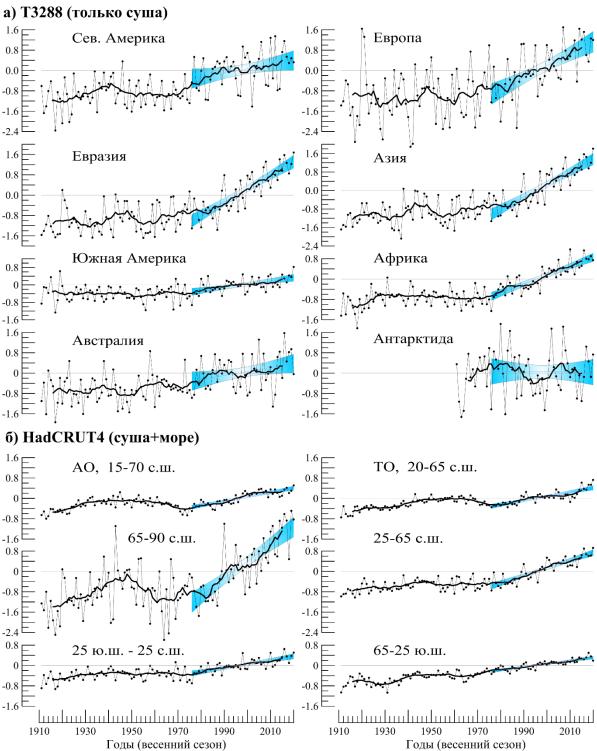


Рисунок 4.1 – Временные ряды пространственно осредненных аномалий приземной температуры весеннего сезона для континентов (а), северных частей Атлантического и Тихого океанов (б, вверху) и основных широтных поясов земного шара (б, внизу).

Расчеты выполнены по методике ИГКЭ по данным Т3288 (для континентов, а) и HadCRUT4 (для океанов и широтных поясов, б). Аномалии приведены в отклонениях от средних за 1981—2010 гг. Сглаженные кривые (жирная линия) получены 11-летним скользящим осреднением. Показан линейный тренд за 1976-2020 гг. с 95%-м доверительным интервалом (голубая заливка).

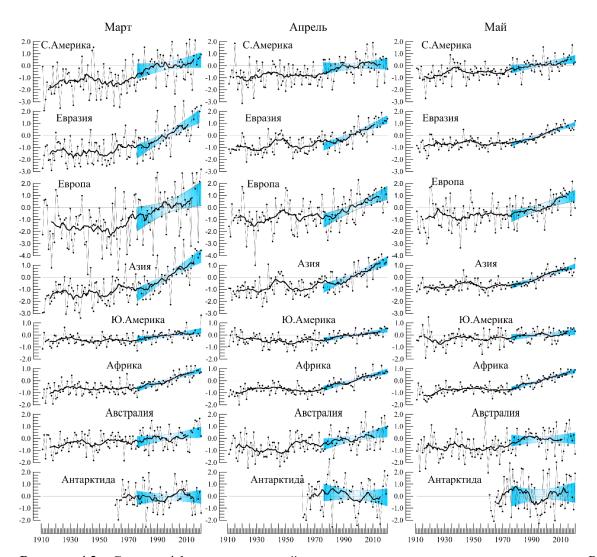


Рисунок 4.2 – См. рис. 4.1. но для аномалий весенних месяцев и только для континентов. *Расчеты* выполнены по методике и данным ИГКЭ. Использован массив станционных данных T3288.

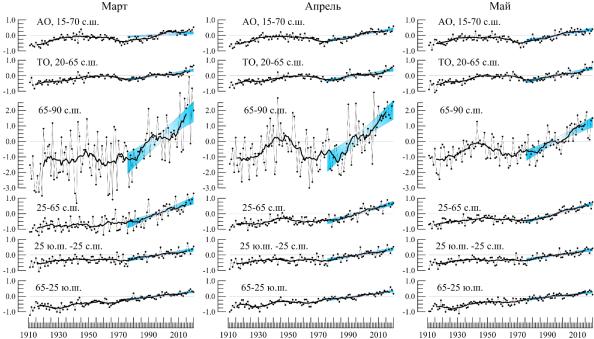


Рисунок 4.3 — См. рис. 4.2., но для океанов и широтных поясов земного шара. *Использованы сеточные данные Hadley/CRU (HadCRUT4, суща+море)*. *Расчеты выполнены по методике ИГКЭ*.

5. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, 1976-2020 гг. (весенний сезон)

Ниже приведены географические распределения коэффициентов линейного тренда аномалий приповерхностной температуры за 1976-2020 гг. для весеннего сезона (рис. 5.1) и каждого весеннего месяца (рис. 5.2). Использованы данные наблюдений на 2264 станциях (массив Т3288) и в центрах 1626 боксов (массив HadCRUT4), для которых своевременно поступили данные за 2020_{III-V}. В таблице 5.1 приведено их количественное распределение в зависимости от географического региона, направленности тренда и его уровня значимости. В таблице указано реальное число станций/боксов, учтенных в расчетах в каждой конкретной выборке. Аналогичные оценки для отдельных месяцев приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.1 – Распределение локальных оценок тренда за 1976-2020 гг. (в % от N) в зависимости от знака коэффициента тренда \boldsymbol{b} и уровня значимости $\boldsymbol{\alpha}$

| Регион | N | | b < 0 | | b = 0 | | b > 0 | |
|------------|------|-------|----------|----------|--------|-------|---------|---------|
| ТСГИОН | 1 | всего | α<=0.01 | α<=0.05 | b = 0 | всего | α<=0.01 | α<=0.05 |
| | | | HadCRU | Т4 (суша | +море) | | | |
| 3Ш | 1626 | 6.9 | 0.2 | 0.3 | 0.8 | 92.3 | 51.8 | 65.8 |
| СП | 944 | 2.9 | | - | 0.4 | 96.7 | 62.2 | 76.2 |
| ЮП | 682 | 12.5 | 0.4 | 0.7 | 1.3 | 86.2 | 37.5 | 51.5 |
| 90-65N | 88 | 1.1 | - | - | - | 98.9 | 80.7 | 87.5 |
| 65-25N | 536 | 4.1 | - | - | 0.4 | 95.5 | 63.1 | 76.3 |
| 25S-25N | 645 | 4.7 | - | - | 1.2 | 94.1 | 52.9 | 68.1 |
| 25-65S | 343 | 14.6 | 0.9 | 1.5 | 0.9 | 84.5 | 26.5 | 41.7 |
| 65-90N | 14 | 64.3 | - | - | - | 35.7 | 14.3 | 14.3 |
| | | | T3288 (| только с | уша) | | | |
| ЗШ | 2264 | 7.6 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 91.8 | 62.5 | 72.9 |
| СП | 1896 | 5.0 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 94.8 | 70.6 | 80.7 |
| ЮП | 369 | 20.9 | 0.3 | 0.5 | 3.0 | 76.2 | 21.1 | 33.1 |
| С. Америка | 307 | 21.8 | 0.7 | 1.0 | 0.3 | 77.9 | 23.8 | 34.2 |
| Евразия | 1326 | 1.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 98.5 | 81.4 | 91.6 |
| Ю. Америка | 107 | 15.9 | 0.9 | 0.9 | - | 84.1 | 12.1 | 23.4 |
| Африка | 123 | 4.9 | <u>-</u> | 0.8 | 0.8 | 94.3 | 70.7 | 78.0 |
| Австралия | 150 | 28.7 | 0.7 | 0.7 | 6.0 | 65.3 | 8.0 | 21.3 |
| Антарктида | 18 | 38.9 | - | - | - | 61.1 | 11.1 | 11.1 |
| Европа | 459 | 0.2 | - | - | - | 99.8 | 82.1 | 93.7 |
| Азия | 874 | 2.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 97.8 | 81.1 | 90.5 |

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рис. 5.1. Процентное содержание рассчитано относительно N (N - общее количество станций/боксов в регионе).

Факт продолжающегося глобального потепления обсуждался выше (гл.3-4) с привлечением доступных оценок для Земного шара, Северного и Южного полушарий, отдельных широтных поясов, континентов и океанов. В данном разделе анализируются локальные оценки трендов и региональные особенности текущего состояния глобального потепления весенних сезонов.

В соответствии с оценками таблицы 5.1, потепление весенних сезонов подтверждается данными более 90% всех наземных наблюдений (91.8% станций / 92.3%

боксов). Тем не менее, значительна и доля станций с тенденцией к похолоданию (7.6% станций / 6.9% боксов), но лишь 0.2% этих оценок статистически значимы на 1%-м уровне. Оценок с тенденцией к похолоданию в Северном полушарии в более, чем в 4 раза меньше, чем в Южном: 5.0% станций против 20.9% (2.9% боксов против 12.5%).

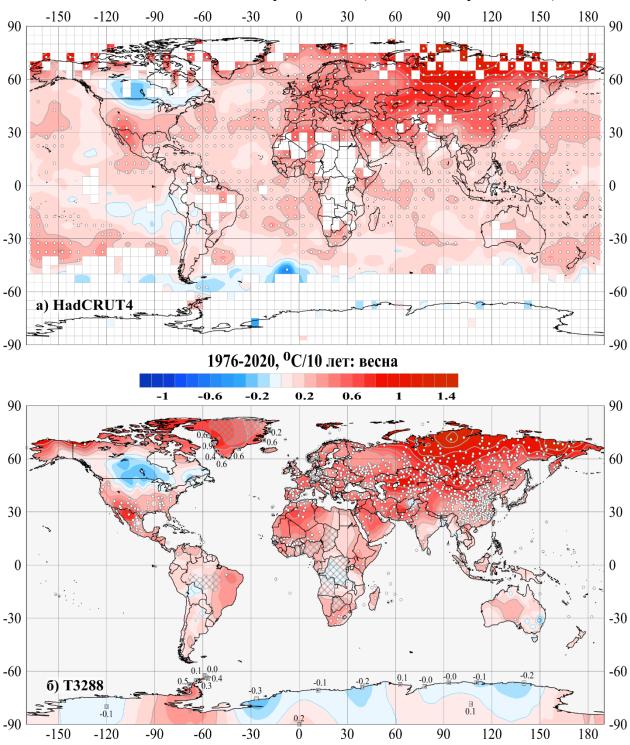


Рисунок 5.1 — Пространственное распределение сезонных (весна) оценок локальных коэффициентов линейного тренда приземной температуры за период 1976-2020 гг. (°С/10 лет) Использованы данные: а) HadCRUT4 - сеточные данные Hadley/CRU, UK (суша+море); б) Т3288 — станционные данные ИГКЭ (только суша). Пустыми боксами (а) и штриховкой (б) показаны области отсутствия наблюдений. Для станций Антарктиды и Гренландии приведены числовые значения коэффициентов тренда. Белыми кружками выделены боксы/станции, для которых тренд статистически значим на 1%-м уровне.

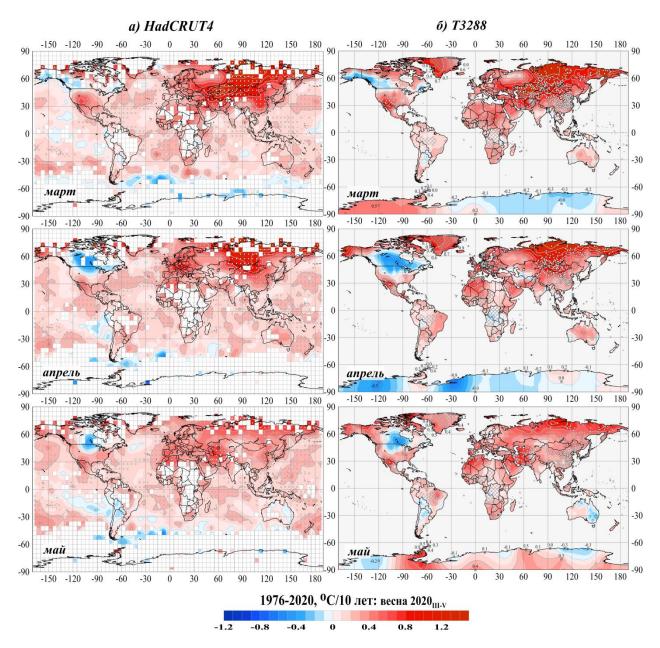


Рисунок 5.2 – См. рис. 5.1, но для коэффициентов тренда среднемесячных аномалий температуры весенних месяцев.

Наиболее активное потепление весенних сезонов (и по площади охвата, и по интенсивности) наблюдается в Евразии: положительный тренд охватывает всю территорию Евразии и Северную Африку. При этом на всей азиатской территории России, Монголии и Казахстана тенденция к потеплению достоверна на 1%-м уровне значимости, а в северной полосе, от Таймыра до Чукотки, скорость потепления достигла максимальных значений (+1.6 и +1.3 °C/10, соответственно). В Африке, в Центральной и в Южной Америке, в Австралии и на акваториях всех океанов (кроме Южного) тенденция к потеплению выражена слабее (до +0.4, +0.5), в Индии - до +0.2°C/10 лет (рис. 1, табл. 5.1).

По-прежнему, из всех регионов потепление наиболее выражено в Арктике. Здесь всего наземных станций -130, отрицательных трендов - нет. Статистически значимых на 5%-м и 1% уровнях: в марте -71 и 44; в апреле -114 и 77, в мае -92 и 53.

В Антарктиде (суша) и Антарктическом поясе (суша+море) оценки тенденций (даже знак) меняются от месяца к месяцу, но, как уже отмечалось выше (гл. 4), и для

сезона, и для каждого месяца гипотеза о наличии ненулевого тренда уверенно отвергается с доверительной вероятностью 91%..

Таблица 5.2 – Распределение локальных оценок тренда в зависимости от знака коэффициента тренда **b**: 1976-2020 гг. в отдельные месяцы сезона (% от N)

| | | I | лцы ссзон | (| <u>/</u> | i e | |
|--------------------|------|----------|-----------|-------|----------|------|------|
| Регион | N | Ma | рт | Апр | ель | M | ай |
| T CI NON | 11 | b<0 | b>0 | b<0 | b>0 | b<0 | b>0 |
| | Н | adCRUT | 4 (суша+ | море) | | | |
| ЗШ | 1658 | 10.7 | 88.4 | 7.8 | 91.5 | 8.3 | 90.4 |
| СП | 941 | 6.0 | 93.2 | 4.5 | 94.9 | 2.7 | 96.9 |
| ЮП | 717 | 16.9 | 82.0 | 12.4 | 86.6 | 16.6 | 80.9 |
| 90-65N | 87 | 4.6 | 95.4 | 2.3 | 97.7 | 1.1 | 98.9 |
| 65-25N | 534 | 6.4 | 92.5 | 6.6 | 92.7 | 3.7 | 95.9 |
| 25S-25N | 630 | 6.8 | 92.4 | 3.8 | 95.7 | 7.0 | 91.7 |
| 25-65S | 390 | 21.3 | 77.4 | 16.7 | 81.8 | 19.9 | 76.9 |
| 65-90N | 17 | 76.5 | 23.5 | 57.1 | 42.9 | 35.7 | 64.3 |
| | | Т3288 (т | олько су | ша) | | | |
| Земной шар | 2264 | 6.8 | 92.7 | 9.7 | 89.4 | 10.4 | 89.1 |
| Северное полушарие | 1896 | 5.3 | 94.4 | 8.3 | 90.9 | 5.6 | 94.2 |
| Южное полушарие | 369 | 16.6 | 81.4 | 17.0 | 81.9 | 33.0 | 5.5 |
| Северная Америка | 307 | 22.7 | 76.6 | 34.2 | 64.8 | 18.0 | 81.7 |
| Евразия | 1326 | 1.4 | 98.5 | 3.3 | 96.2 | 3.1 | 96.6 |
| Южная Америка | 107 | 21.4 | 75.9 | 13.1 | 86.0 | 29.9 | 67.2 |
| Африка | 123 | 6.6 | 92.0 | 7.8 | 88.8 | 4.1 | 95.9 |
| Австралия | 150 | 10.1 | 88.6 | 18.1 | 81.2 | 49.0 | 49.7 |
| Антарктида | 18 | 50.0 | 50.0 | 44.4 | 55.6 | 22.2 | 77.8 |
| Европа | 459 | 0.7 | 99.1 | 0.4 | 99.3 | 5.5 | 94.5 |
| Азия | 874 | 1.8 | 98.1 | 4.8 | 94.5 | 1.8 | 97.7 |

Примечание. Таблица обобщает распределение оценок на рисунке 5.2. Процентное содержание рассчитано относительно N (N - общее количество станций в регионе).

Из весенних месяцев потепление на континентах наиболее интенсивно в марте, на океанах — в апреле (92.7% и 91.5%, соответственно, табл. 5.2).

Важной особенностью весенних сезонов (в общей картине глобального потепления), по-видимому, можно считать:

- области отрицательных трендов (статистически незначимый тренд до -0.3°С/10 лет) в Северной Америке, в Тихом океане у берегов Южной Америки и на ее западном побережье, а также в умеренных широтах Южного океана; наибольшая доля станций с отрицательными трендами отмечена в мае (в Южной Америке 30%, в Австралии 49%).
- области локального ослабления потепления (статистически незначимый положительный тренд), уже отмечавшиеся нами ранее для других сезонов (см., например, http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=275&Itemid=76&lang=ru бюллетень для зимнего сезона 2020 г.)

Эти области меняют конфигурацию и интенсивность от месяца к месяцу и, таким образом, могут оказаться предвестником некоторого ослабления или усиления глобального потепления в целом.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1. Весна 2020 года была вторым самым теплым весенним сезоном по Земному шару в целом и в Северном полушарии, а в Южном полушарии пятым самым теплым весенним сезоном за всю историю наблюдений, как в целом для суши и моря, так и для суши отдельно. Для суши аномалия приповерхностной температуры в среднем по Земному шару составила +0.956°C, по Северному полушарию +1.159°C, по Южному полушарию +0.431°C. Самым теплым сезоном по-прежнему остается весна 2016 года, когда соответствующие значения аномалий были: +1.105, +1.314 и +0.625°C
- 2. Сезонная аномалия температуры поверхности океанов в 2020 г. (данные HadSST3, только море), осредненная по Северному полушарию, была *самой высокой* за весь период наблюдений (+0.580°C), в Южном полушарии *четвертой* (+0.284°C), в целом по Земному шару *второй* (+0.425°C).
- 3. Яркая особенность весны 2020 г. сезонные аномалии температуры в крупных регионах мира, которые почти все превысили уровень 90-го процентиля (кроме значений для Северной Америки, Австралии, Антарктиды и Антарктического пояса), а многие оказались рекордно высокими. В числе последних – пояс умеренных широт Северного полушария (в целом, и в каждом из двух его океанических секторов), евразийский континент (в целом и отдельно на территории Азии) и континент Южной Америки. Эти региональные особенности согласуются с распределениями локальных оценок: локальные положительные аномалии, в том числе - экстремальные, охватили практически всю бореальную Азию (в Сибири весенние аномалии около 8°C, крупные аномалии наблюдались в течение трех месяцев). Менее интенсивные, но обширные аномалии (до +2.5; +3°C) отмечены на территории Западной Европы Центральной и Южной Америки, Индонезии и Новой Зеландии, а также в Атлантике (20S – 40N), Тихом и Индийском (20S-10N) океанах. При этом четверть всех значений - 5%-е экстремумы тепла (бОльшая часть в Северном полушарии). На суше Северного полушария рекордно теплым был май (аномалия +0.961°C), а март (+1.636°C) и апрель (+0.892°C) — второй и третий среди самых теплых в соответствующих рядах (по данным ИГКЭ).
- 4. Вторая яркая особенность температурного режима этой весны существенные отрицательные аномалии температуры отдельных месяцев в ряде регионов (значения региональных средних ниже уровня 20-30-го процентилей). К таким регионам относятся: в марте Антарктида и Антарктический пояс в целом; в апреле Северная Америка, в мае Австралия. В Северной Америке (в районе Великих озер), на юго-востоке Австралии, на приграничной территории Индии и Китая температура была ниже климатической нормы все три месяца.
- 5. Тенденция к потеплению весенних сезонов в течение в 1976-2020 гг. подтверждается данными более 90% всех наземных наблюдений (91.8% станций / 92.3% боксов). Наиболее активное потепление (и по площади охвата, и по интенсивности) наблюдается в Евразии: положительный тренд охватывает всю территорию Евразии и Северную Африку. При этом на всей азиатской территории России, Монголии и Казахстана тенденция к потеплению достоверна на 1%-м уровне значимости, а в северной полосе, от Таймыра до Чукотки, скорость потепления достигла максимальных значений (+1.6, +1.3 °C/10, соответственно).

Из всех регионов, по-прежнему, потепление наиболее выражено в Арктике. Здесь из оценок для 130 наземных станций: отрицательных трендов — нет, статистически значимых в марте — 71 и 44; в апреле — 114 и 77, в мае - 92 и 53 (на 5%-м и 1% уровнях).

Тем не менее, значительна и доля станций с тенденцией к похолоданию (7.6% станций / 6.9% боксов), и 0.2% этих оценок статистически значимы на 1%-м уровне. Оценок с тенденцией к похолоданию в Северном полушарии меньше, чем в Южном 4.2-4.3 раза: для станций: 5.0% станций против 20.9%; для боксов: 2.9 % боксов против 12.5%

- 6. Основной особенностью весенних сезонов (в общей картине глобального потепления), по-видимому, можно считать:
- области отрицательных трендов (статистически незначимый тренд до -0.3°С/10 лет) в Северной Америке, в Тихом океане у берегов Южной Америки и на ее западном побережье, а также в умеренных широтах Южного океана; наибольшая доля станций с отрицательными трендами отмечена в мае (в Южной Америке 30%, в Австралии 49%).
- области локального ослабления потепления (статистически незначимый положительный тренд), уже отмечавшиеся нами ранее для других сезонов (см., например, http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=275&Itemid=76&lang=ru бюллетень для зимнего сезона 2020 г.)

Эти области меняют конфигурацию и интенсивность от месяца к месяцу и, таким образом, могут оказаться предвестником некоторого ослабления или усиления глобального потепления в целом.

- 7. Сравнение оценок глобальных трендов в разных подгруппах и категориях данных позволяет заключить:
- как правило, глобальное потепление *над сушей протекает быстрее*, чем над океанами, в Северном полушарии активнее, чем в Южном, и в последние 40-50 лет ускорилось в сравнении с минувшим столетием;
- единственное исключение: в течение 1921-2020 гг. потепление весенних сезонов на поверхности океанов протекало заметно активнее не в Северном полушарии, а в Южном! Это может означать, по-видимому, что и глобальное потепление в целом началось до 1975 г. с океанов Южного полушария! Однако этот вывод требует дополнительного анализа, с привлечением оценок для других сезонов.
- В рамках одного полушария коэффициент ускорения современного потепления относительно 100-летнего примерно одинаков для континентов и океанов, но в Северном полушарии он примерно в полтора раза выше, чем в Южном.