

Институт экономического анализа

Как делается потепление.

Случай России.

**Автор: Н.А.Пивоварова
Редакция: А.Н.Илларионов**

**Москва
Декабрь 2009 г.**

Содержание

1. Введение
2. Исходные данные
3. Критерии отбора метеостанций
4. Равномерность распределения отобранных метеостанций по территории страны
5. Длительность периода метеонаблюдений
6. Полнота (непрерывность) метеонаблюдений
7. Стабильность расположения метеостанций
8. Эффект городского потепления
9. Результаты

1. Введение

Качество оценки динамики глобальной температуры в 1850-2009 гг., используемой в своих документах Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), среди специалистов давно вызывало сомнения. Однако в отсутствие информации об исходных значениях температуры сделать ее проверку было затруднительно. Многочисленные запросы со стороны представителей климатологического сообщества к хранителям крупнейших баз климатических данных о предоставлении исходных материалов последними либо не выполнялись, либо выполнялись частично. В переписке сотрудников Университета Восточной Англии (CRU) один из исследователей, причастных к расчетам температурных рядов, утверждал, что он «предпочел бы уничтожить базу данных, нежели предоставить ее сторонним специалистам» для проверки его расчетов в соответствии с британским Актом о свободе получения публичной информации.

Отвечая на усиливавшееся общественное давление Климатический центр Университета Восточной Англии (CRU) в сотрудничестве с Метеорологическим бюро Центра Хедли (Met Office Hadley Centre) 8 декабря 2009 г. разместил в свободном доступе часть базы данных, используемых совместной группой этих двух центров (HadCRUT) для вычисления температуры поверхности Земли

<http://www.metoffice.gov.uk/corporate/pressoffice/2009/pr20091208a.html>

В сопроводительной записке авторы подчеркивают, что обнародованные данные являются не новым набором данных, а репрезентативной частью той базы данных, на основании которых и сделаны оценки аномалий глобальной температуры более чем за 150

лет, используемые в докладах МГЭИК. Несмотря на то, что свет увидели наблюдения, сделанные лишь на примерно 1500 наземных метеостанциях из общего числа в 5000 станций, данные по которым используются в вычислениях глобальной температуры, авторы настаивают на представительности данной выборки. По их утверждениям, указанные 1500 станций равномерно распределены по поверхности Земли, а результат, полученный по этой выборке метеостанций, дает аналогичные результаты об изменениях глобальной температуры с 1850-го года, что и полные базы данных. Данные по остальным станциям, обещают авторы, будут представлены общественности после того, как будут получены соответствующие разрешения со стороны их правообладателей, прежде всего со стороны национальных метеорологических служб.

* * *

Мы поставили перед собой задачу выяснить, в какой степени результаты расчетов температурного ряда по данным, обнародованным HadCRUT и использовавшимся для расчетов глобальной температуры по метеостанциям, расположенным на территории России, совпадают с результатами расчетов температурного ряда для нашей страны по всем данным, имеющимся в публичном доступе. Воспроизводимость полученных результатов явилась бы убедительным подтверждением того, что сомнения в качестве расчетов глобальной температуры, произведенных HadCRUT, являются безосновательными.

2. Источники данных

Первая трудность возникает с форматом представления Центром Хэдли метеоданных. Способ подачи данных оказался весьма далеким от традиционно принятого в этой сфере формата представления больших массивов данных. Вместо содержащего все наблюдения текстового файла среднемесячные показатели температуры, полученные по каждой станции, размещены в отдельных файлах, а сами эти файлы скомпонованы по блокам, соответствующим нумерации Всемирной метеорологической организации (ВМО). Из-за нетрадиционной компоновки материала желающим самостоятельно провести расчеты температурных рядов необходимо первоначально изрядно потрудиться над созданием целостного массива данных.

Исходные измерения, использованные в своих расчетах командой HadCRUT, находятся в распоряжении национальных метеорологических служб. В России этой информацией располагает государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр

данных» (ГУ «ВНИИГМИ— МЦД»), находящийся в системе Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). В настоящее время ГУ «ВНИИГМИ— МЦД» поддерживает в открытом доступе базу данных, включающую в себя измерения температуры по 476 наземным метеостанциям России вплоть до 2006 года http://meteo.ru/climate/sp_clim.php.

Из примерно 1500 метеостанций, данные по которым были обнародованы Центром Хэдли, 121 станция находится на российской территории. Они составляют примерно 8,1% от общего числа станций, данные по которым опубликованы, и 2,4% от общего числа станций, измерения по которым использовались для расчета глобальной температуры. Поскольку в сопроводительной записке говорится о том, что данные по приблизительно 3500 другим станциям, оставшиеся пока необнародованными, ждут получения соответствующих разрешений на публикацию от национальных властей, можно предположить, что среди них уже не будет данных по российским станциям.

Иными словами, для расчета глобальной температуры над поверхностью суши (land temperature) Центр Хэдли, очевидно, воспользовался данными лишь по четверти (121 из 476) российских станций, разрешение на использование которых ему либо не требовалось со стороны российских властей, либо ими уже было дано.

Территория России составляет приблизительно 12,5% земной суши. Следовательно, должны были быть какие-то особенно серьезные основания, по которым HadCRUT предпочел воспользоваться данными лишь по 121 российской станции, представляющей лишь 2,4% от общего количества станций, используемых для расчета глобальной температуры, и не воспользоваться данными по, как минимум, еще 355 имеющимся российским станциям (7,1% от общего числа станций), чтобы довести представительность российской территории при расчете глобальной температуры хотя бы до 9,5% (476 российских станций из 5000 станций в мировой выборке).

3. Критерии отбора метеостанций в выборку для проведения расчетов

В зависимости от обстоятельств допустимы случаи, когда вместо всей доступной информации имеет смысл ограничиться анализом более узкой выборки данных, при условии, естественно, что такая выборка соответствует жестким требованиям репрезентативности по отношению к исходной. В случае расчета температурного ряда за длительное время такого рода критерии, на наш взгляд, должны включать по крайней мере следующие требования:

- равномерное распределение метеостанций по территории;
- максимальная длительность периода метеонаблюдений;

- максимальная полнота (минимальная прерывность) температурных рядов;
- постоянство расположения метеостанций (минимальное количество и минимальная дальность их переносов по территории);
- максимальное снижение эффекта «городского и промышленного потепления» (максимальная удаленность метеостанций от крупных городских и промышленных центров).

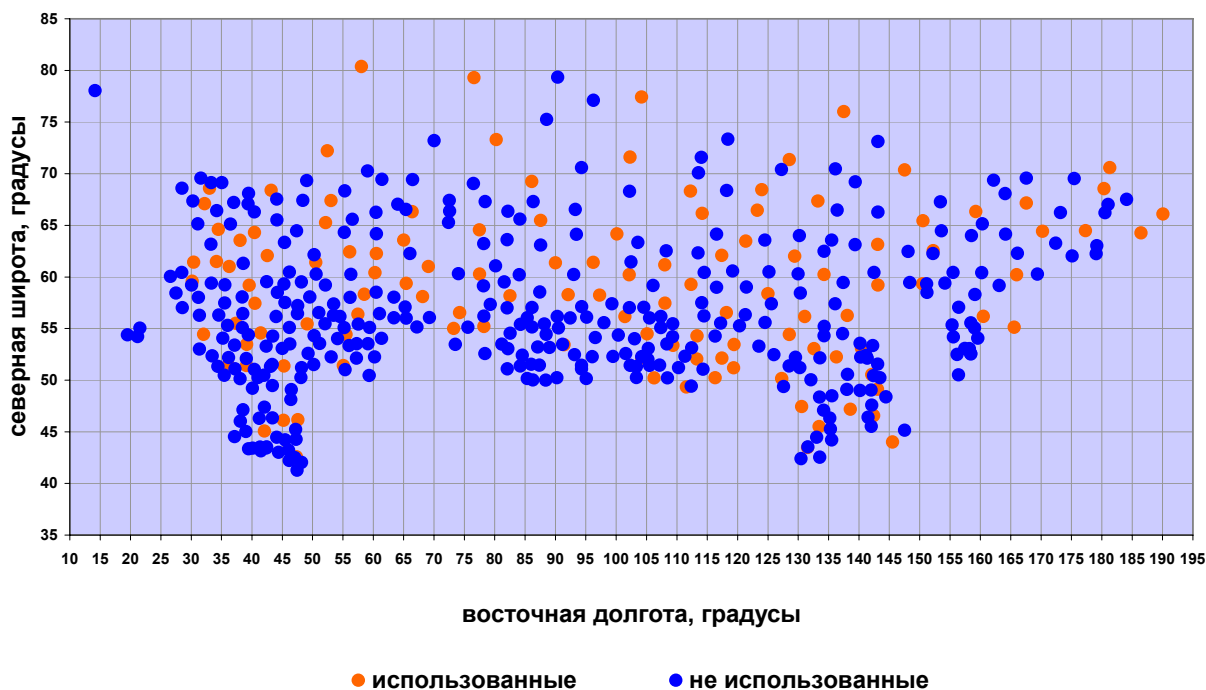
При соблюдении этих критериев можно предположить, что результат, полученный при расчетах по более узкой выборке данных, будет соответствовать требованиям *несмещенности оценки*, т.е. обладать теми же характеристиками, включая тренды и аномалии, получаемыми при расчетах по полному массиву данных, и превосходить его по качеству за счет снижения влияния на него неклиматических воздействий.

4. Равномерность распределения отобранных метеостанций по территории

Для расчетов глобальной и региональных температур в климатологии и метеорологии традиционно используют сетку ячеек с географическими координатами «5 градусов по широте на 5 градусов по долготе» ($5^{\circ} \times 5^{\circ}$). При разной плотности размещения метеостанций в ячейках этой сетки проводят усреднение значений температуры по имеющимся метеостанциям в пределах каждой из ячеек, а затем вычисляют средневзвешенные значения исходя из площади территории, для которой рассчитывается значение температуры. Территория земной суши находится в пределах примерно 1500 ячеек координатной сетки.

Первое представление о размещении как всех российских метеостанций, так и российских станций, использованных в расчетах HadCRUT, по ячейкам такой мировой координатной сетки дает схема 1.

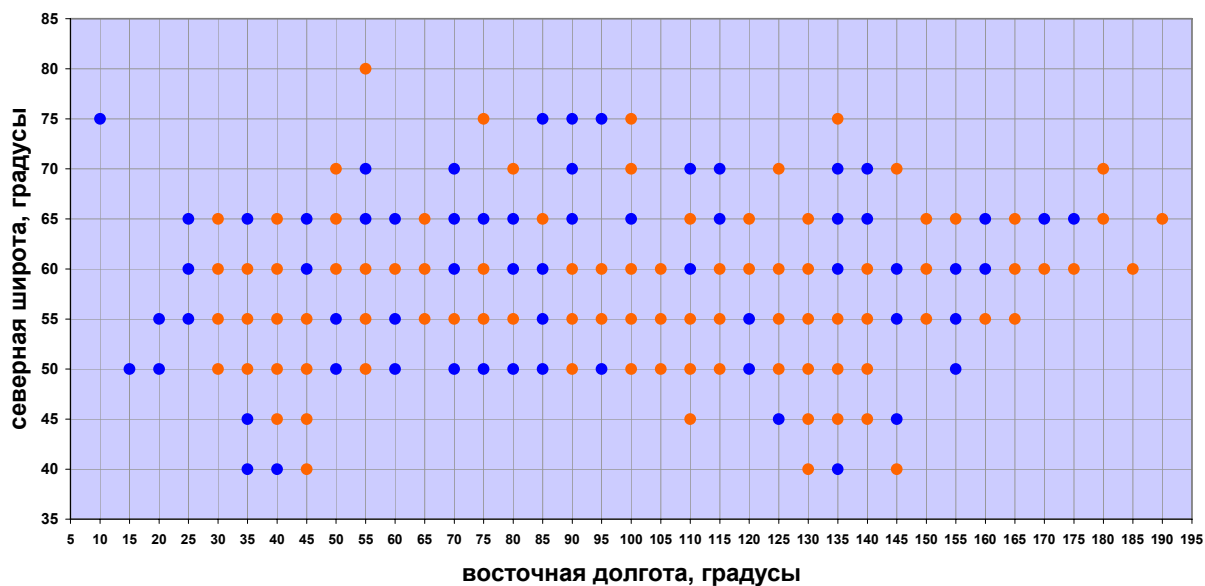
Схема 1. Географические координаты российских метеостанций, данные по которым использовались и не использовались в расчетах HadCRUT.



Нетрудно видеть, что метеорологические станции размещены по территории России не вполне равномерно, их концентрация существенно и предсказуемо выше в западных и южных районах страны, в то время как в северных и восточных – заметно ниже. Тем не менее следует отметить, что всего метеонаблюдения ведутся в 152 ячейках координатной сетки на территории России. Иными словами, существующая метеорологическая сеть предоставляет неплохую инфраструктурную возможность охвата наблюдениями подавляющей части территории страны. При включении в расчет глобальной температуры данных из всех ячеек на территории России, удельный вес в нем российского участия составлял бы примерно 10% (152 ячейки из 1500 ячеек мировой координатной сетки). Однако на деле оказывается, что это не так.

На схеме 2 представлена пятиградусная координатная сетка $5^{\circ} \times 5^{\circ}$, соответствующая территории России, с указанием того, в каких именно ячейках находятся метеостанции, данные по которым использовались в расчетах HadCRUT, а в каких – станции, данные по которым не использовались.

Схема 2. Размещение российских метеостанций, использованных и неиспользованных HadCRUT, по ячейкам координатной сетки $5^{\circ} \times 5^{\circ}$



● 90 ячеек, используемые HadCRUT ● 62 ячейки, оставшиеся неиспользованными

Примечание: наличие метеостанций в ячейке обозначается кружком в левом нижнем углу пятиградусной координатной сетки; желтым цветом обозначены ячейки, используемые HadCRUT, синим цветом – ячейки, оставшиеся неиспользованными.

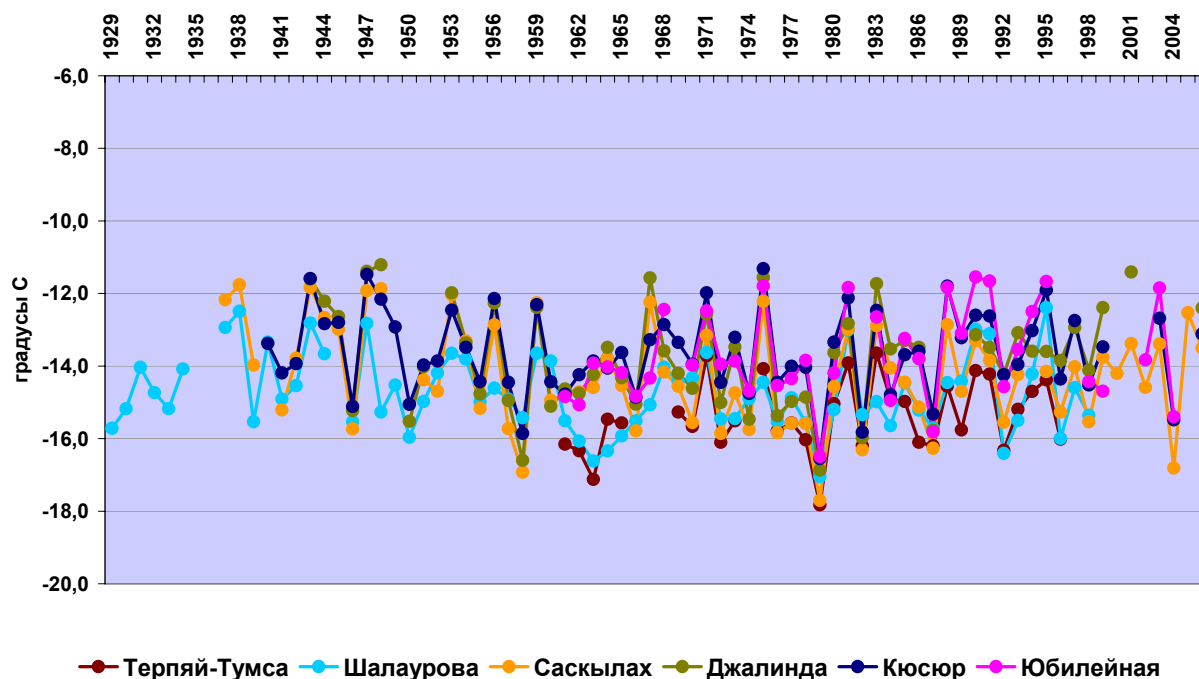
Анализ схемы 2 показывает, что в своих расчетах специалисты HadCRUT не использовали данные по большому количеству ячеек на территории нашей страны при наличии в них действующих метеостанций, данные о наблюдениях по которым находятся не только в распоряжении узкого круга специалистов, но и в открытом доступе. Более того, некоторые неиспользованные ячейки находятся рядом друг с другом, образуя тем самым крупные зоны (3-4 соседних ячейки) по параллелям и меридианам.

Иными словами, при наличии технической возможности расчета глобальной и региональных температур при использовании данных по 152 ячейкам пятиградусной сетки на территории России Центр Хэдли в своих расчетах использовал лишь данные по 90 ячейкам (или 59,2% от их общего числа). Получается, что около 40% площади страны не было включено в расчет глобальной температуры не по причине отсутствия метеостанций и наблюдений на этой территории, а по каким-то другим причинам.

Теоретически нельзя исключить, что невключение некоторых наблюдений, например, по территории европейской части России, пограничной с другими странами (9 ячеек), может быть объяснено возможностью широкого выбора качественных данных по близлежащим станциям в соседних зарубежных странах. Однако такое объяснение не подходит к российским метеостанциям, находящимся во внутренних районах страны.

Практически каждая из станций, расположенных, например, севернее 70 параллели, является уникальным источником данных для своей ячейки координатной сетки. Однако из 23 таких станций в расчетах Центра Хэдли использованы данные лишь по 10 станциям, в то время как данные по 13 станциям оказались не использованными.

График 1. Температурные ряды по некоторым станциям, расположенным севернее 70 широты, не включенные в расчеты HadCRUT.



Даже беглый взгляд на температурные ряды по станциям, не включенным в расчеты британских специалистов, обращает внимание на отсутствие в них четко выраженного тренда к потеплению, столь хорошо известного по многочисленным публикациям Центра Хэдли, CRU, МГЭИК.

В выборку HadCRUT оказались невключенными огромные территории России с координатами 50-55 градусов северной широты и 70-90 градусов восточной долготы. На этой колоссальной территории расположено 16 действующих метеостанций, ни одна из которых не попала в расчет зарубежных климатологов. К этому же участку примыкает громадная территория, растянувшаяся на полторы тысячи километров с координатами 85-90 градусов восточной долготы и 50-65 градусов северной широты. Ни одна метеостанция, расположенная здесь, не вошла в выборку Центра Хэдли.

Информация о метеостанциях, использованных в выборке HadCRUT, представлена в табл. 1.

Таблица 1. Распределение российских метеостанций по их использованию в расчетах HadCRUT

Расположение станций по координатам, градусы северной широты	Число метеостанций			Удельный вес использованных станций в их общем числе, %
	Всего	Использованные HadCRUT	Не использованные	
40 – 45	24	3	21	12,5%
45 – 50	36	9	27	25,0%
50 – 55	132	25	107	18,9%
55 – 60	117	26	91	22,2%
60 – 65	79	30	49	38,0%
65 – 70	65	18	47	27,7%
70 – 75	15	6	9	40,0%
75 – 80	7	3	4	42,9%
80 – 85	1	1	0	100,0%
Всего	476	121	355	25,4%
ВОСТОЧНОЙ ДОЛГОТЫ				
10 – 15	1	0	1	0,0%
15 – 20	1	0	1	0,0%
20 – 25	2	0	2	0,0%
25 – 30	5	0	5	0,0%
30 – 35	21	7	14	33,3%
35 – 40	32	7	25	21,9%
40 – 45	31	6	25	19,4%
45 – 50	32	5	27	15,6%
50 – 55	17	4	13	23,5%
55 – 60	21	6	15	28,6%
60 – 65	12	2	10	16,7%
65 – 70	12	5	7	41,7%
70 – 75	8	2	6	25,0%
75 – 80	12	4	8	33,3%
80 – 85	16	2	14	12,5%
85 – 90	18	2	16	11,1%
90 – 95	17	3	14	17,6%
95 – 100	10	2	8	20,0%
100 – 105	18	6	12	33,3%
105 – 110	18	5	13	27,8%
110 – 115	17	6	11	35,3%
115 – 120	13	6	7	46,2%
120 – 125	9	3	6	33,3%
125 – 130	13	5	8	38,5%
130 – 135	21	7	14	33,3%
135 – 140	18	4	14	22,2%
140 – 145	23	6	17	26,1%
145 – 150	5	2	3	40,0%
150 – 155	9	3	6	33,3%
155 – 160	16	1	15	6,3%
160 – 165	7	1	6	14,3%

165 – 170	6	3	3	50,0%
170 – 175	3	1	2	33,3%
175 – 180	5	1	4	20,0%
180 – 185	5	2	3	40,0%
185 – 190	1	1	0	100,0%
190 – 195	1	1	0	100,0%
Всего	476	121	355	25,4%

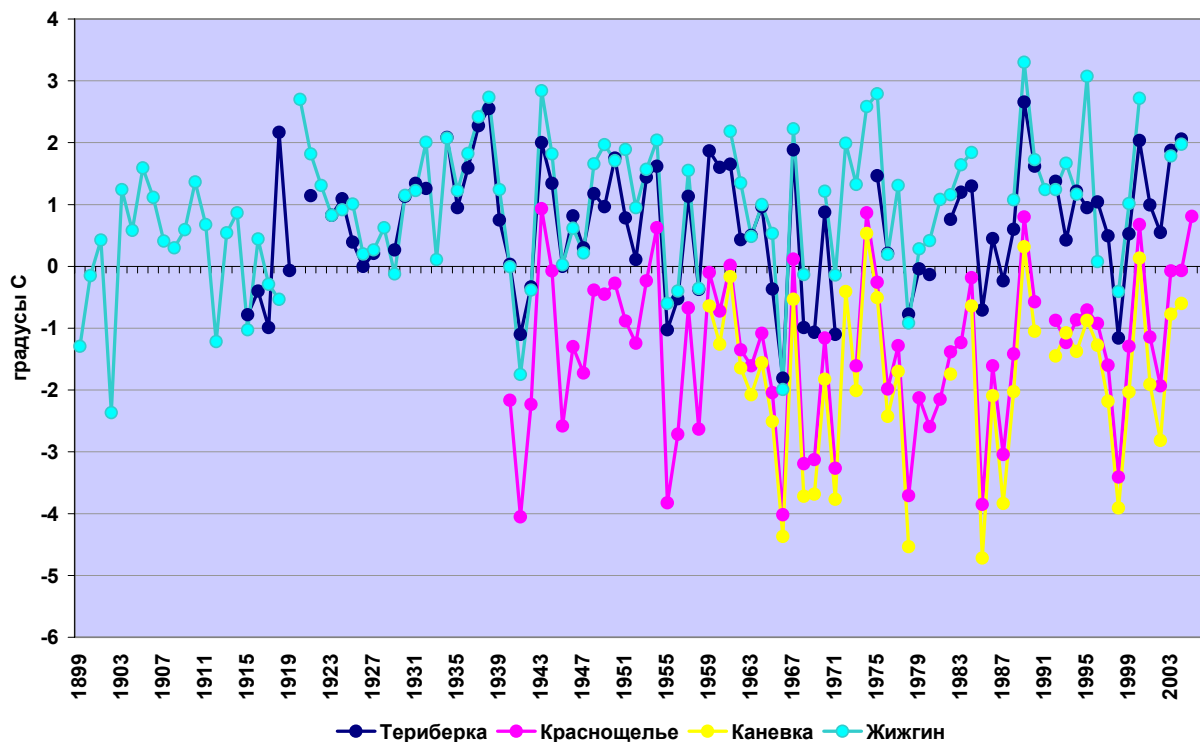
В результате селекции, проведенной HadCRUT, за пределами выборки, по которой проводились расчеты глобальной температуры, оказались 355 российских метеостанций из 476 имеющихся (то есть 74,6% от их общего числа). Из 152 ячеек координатной сетки из выборки оказались полностью исключены 62 ячейки (40,8% от их общего числа), а с ними – и находящиеся в них 143 действующие метеостанции (30% от общего числа). Причем в некоторых из этих ячеек находится даже не по одной метеостанции, а по несколько – до 8 станций.

Таблица 2. Распределение станций по всем ячейкам и по неиспользованным ячейкам

число станций в ячейке	Всего ячеек		Неиспользованные ячейки	
	Число ячеек	Суммарное число станций в них	Число ячеек	Суммарное число станций в них
1	47	47	30	30
2	30	60	14	28
3	24	72	6	18
4	15	60	3	12
5	12	60	4	20
6	10	60	2	12
7	2	14	1	7
8	9	72	2	16
10	2	20		
11	1	11		
Всего	152	476	62	143

Непросто найти рациональное объяснение столь избирательному подходу. Хотя рабочую гипотезу, наверное, можно сформулировать. Анализируя температурные тренды, полученные по данным метеостанций, расположенных в ячейке с координатами 65-70° с.ш. и 35-40° в.д. и не включенных в расчеты HadCRUT, трудно избавиться от впечатления, что в целом они не показывают какого-либо заметного тренда потепления во второй половине 20-го – начале 21 века.

График 2. Температурные ряды по станциям ячейки 65-70° с.ш., 35-40° в.д., не включенной HadCRUT в расчеты глобальной температуры

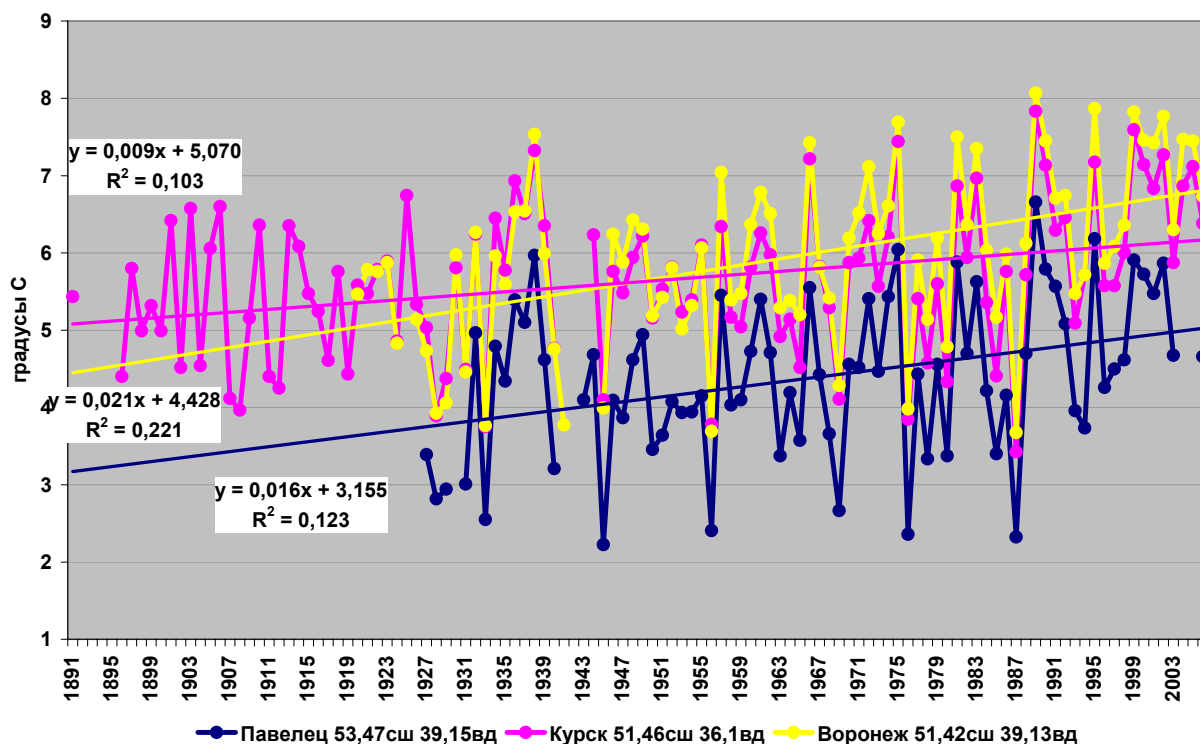


С другой стороны, сотрудники Центра Хэдли иногда используют в своих расчетах данные по нескольким и даже по всем станциям, расположенным в пределах одной ячейки, причем даже тогда, когда они находятся относительно недалеко друг от друга.

Таблица 3. Распределение по ячейкам станций, использованных в расчетах HadCRUT

Число станций в ячейке	Использованные ячейки	
	Число ячеек	Суммарное число станций в них
1	64	64
2	22	44
3	3	9
4	1	4
Всего	90	121

График 3. Температурные ряды по метеостанциям, расположенным в ячейке 50-55° с.ш. 35-40° в.д., включенной HadCRUT в расчеты глобальной температуры



Кажется уже неудивительным, что данные по всем трем станциям этой ячейки отчетливо показывают тренд потепления во второй половине 20 века.

5. Длительность периода наблюдений

Проверим, в какой степени при выборке, осуществленной в Центре Хэдли, соблюдался критерий обеспечения максимальной длительности периода наблюдений.

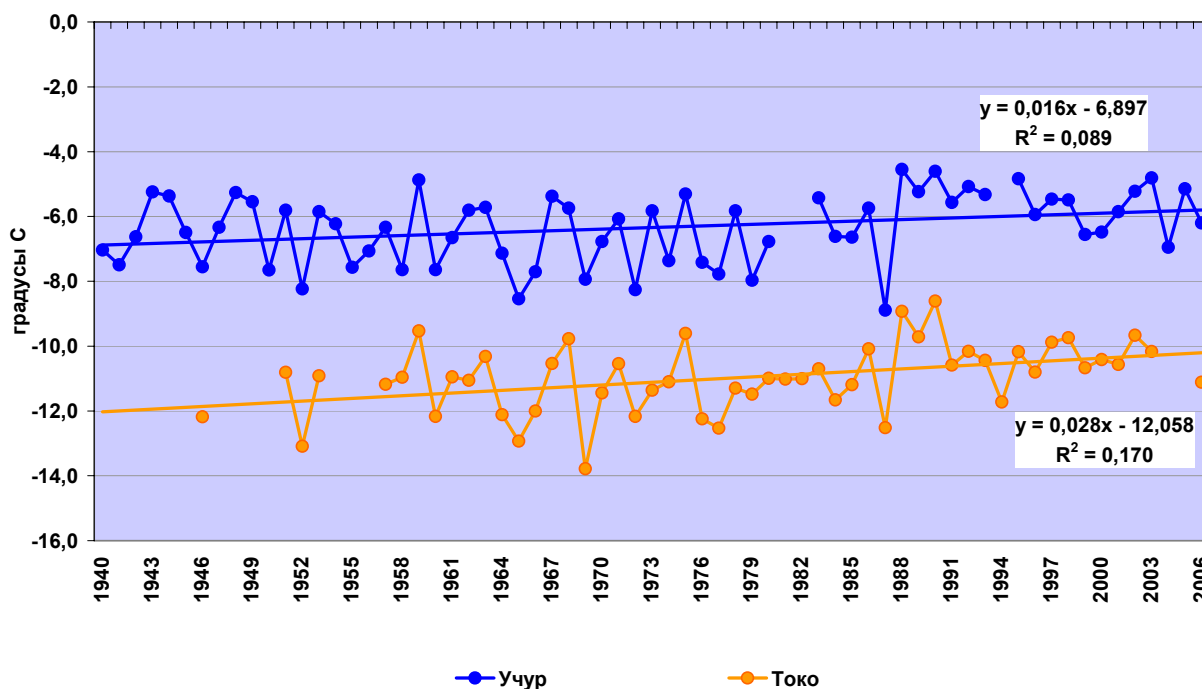
Таблица 4. Распределение метеостанций по году начала работы

Начало наблюдений в указанный год и до него	Число станций			Удельный вес используемых станций в их общем числе, %
	Всего	Используемых		
		в расчетах HadCRUT	Не используемых	
1850	20	16	4	80,0%
1860	3	2	1	66,7%
1870	7	3	4	42,9%
1880	4	3	1	75,0%
1890	28	16	12	57,1%
1900	20	15	5	75,0%
1910	15	8	7	53,3%
1920	16	9	7	56,3%
1930	32	15	17	46,9%
1940	179	25	154	14,0%
1950	45	8	37	17,8%
1960	69	1	68	1,4%
После 1960	38	0	38	0,0%
Всего	476	121	355	25,4%

Казалось бы, что приоритет для включения в выборку для расчетов глобальной температуры должен быть отдан станциям, начавшим метеонаблюдения в 19 веке, и именно их следовало бы включить в расчеты максимально полно. Однако, как видим, далеко не все станции с долгосрочными рядами наблюдений были включены в расчеты. Например, из 82 станций, начавших работу в 19-м веке, 55 станций были включены в расчет, а 27 станций (32,9%) – нет. Из 63 станций, начавших наблюдения в первые 30 лет 20-го столетия, почти половина – 31 станция – не была включена в выборку.

Каким же критерием руководствовались сотрудники Центра Хэдли при отборе станций, относящихся, например, к одной координатной ячейке? На графике 4 показаны температурные тренды для двух метеостанций – Учур и Токо, расположенных в одной ячейке с координатами 55-60° с.ш. и 130-135° в.д.

График 4. Выбор станции в зависимости от длительности ряда наблюдений или скорости потепления



Метеостанция Учур имеет более длинный и почти непрерывный ряд метеонаблюдений с 1940 г., станция Токо – прерывистый ряд наблюдений с 1946 г. и непрерывный – только с 1957 г. Однако тренд к потеплению в 20-м веке оказался более выраженным по данным станции Токо. В расчетах глобальной температуры HadCRUT предсказуемо использует данные исключительно по станции Токо.

6. Максимальная полнота (минимальная прерывность) температурных рядов

Сотрудники Центра Хэдли отмечают, что они не делают оценок в тех случаях, когда метеоданные отсутствуют. В таком случае, казалось бы, предпочтение должно отдаваться наиболее полным рядам измерений. Попробуем оценить имеющиеся ряды по степени непрерывности содержащихся в них данных. Для этого рассмотрим соотношение числа фактических наблюдений к числу потенциальных наблюдений (коэффициент полноты ряда наблюдений).

Таблица 5. Распределение метеостанций по полноте (непрерывности) рядов

Коэффициент полноты ряда наблюдений	Число станций			Удельный вес используемых станций в их общем числе	Распределение числа станций		
	Используемых в расчетах	Не используемых	Используемых в расчетах		Не используемых		
	Всего	HadCRUT			Всего	HadCRUT	
Всего	476	121	355	25,4%	100,0%	100,0%	100,0%
Свыше 90	256	59	197	23,0%	53,8%	48,8%	55,5%
80 – 90	149	38	111	25,5%	31,3%	31,4%	31,3%
70 – 80	43	14	29	32,6%	9,0%	11,6%	8,2%
60 – 70	22	7	15	31,8%	4,6%	5,8%	4,2%
50 – 60	3	1	2	33,3%	0,6%	0,8%	0,6%
До 50	3	2	1	66,7%	0,6%	1,7%	0,3%

Оказывается, что данные, не включенные сотрудниками HadCRUT в свою выборку и не использованные ими для расчета глобальной температуры, *систематически* являются гораздо более полными, чем включенные. Температурные ряды с коэффициентом полноты ряда наблюдений в 90% и более используются менее чем на четверть (на 23%). Зато ряды данных, наполовину пустые (с коэффициентом полноты ниже 50%), используются на две трети (66,7%).

Более того, при обработке российских данных специалистами HadCRUT иногда происходит их плохо объяснимая утрата. Так, например, Центром Хэдли был сокращен температурный ряд данных по метеостанции Сортавала, предоставленных Росгидрометом – см. график 5 и 6.

График 5. Температурные ряды по метеостанциям Сортавала и Петрозаводск, предоставленные Росгидрометом

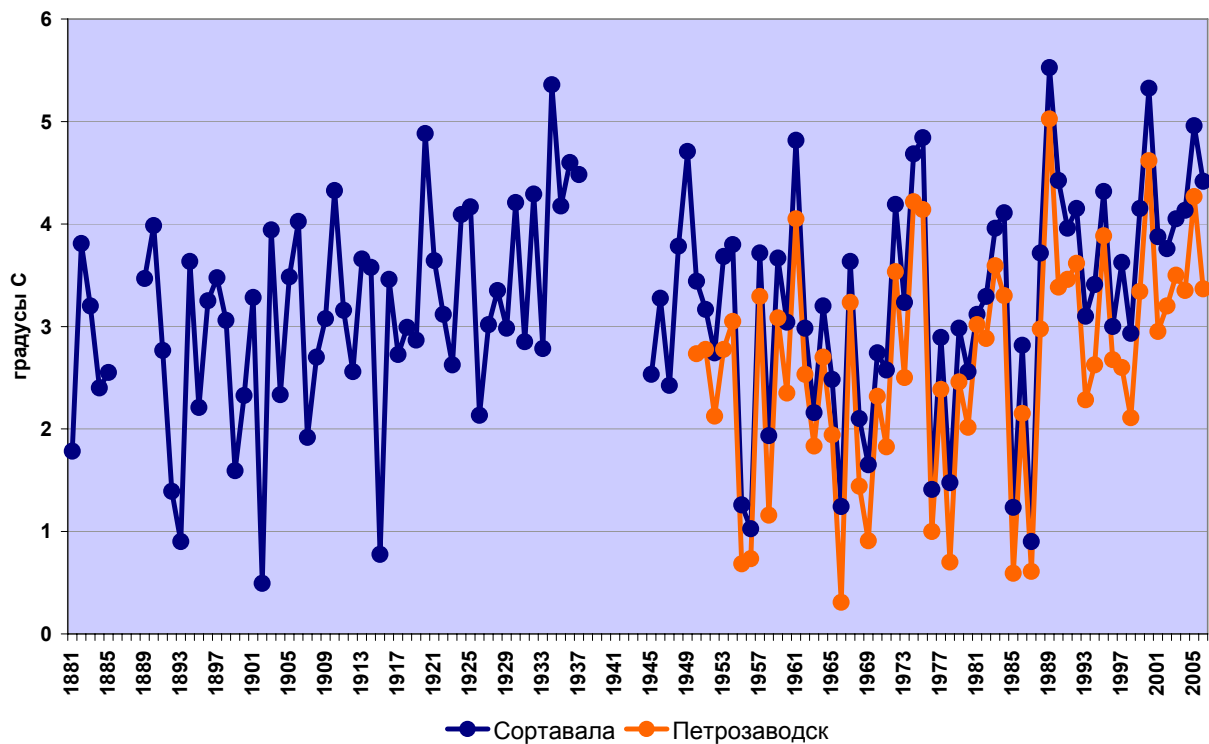
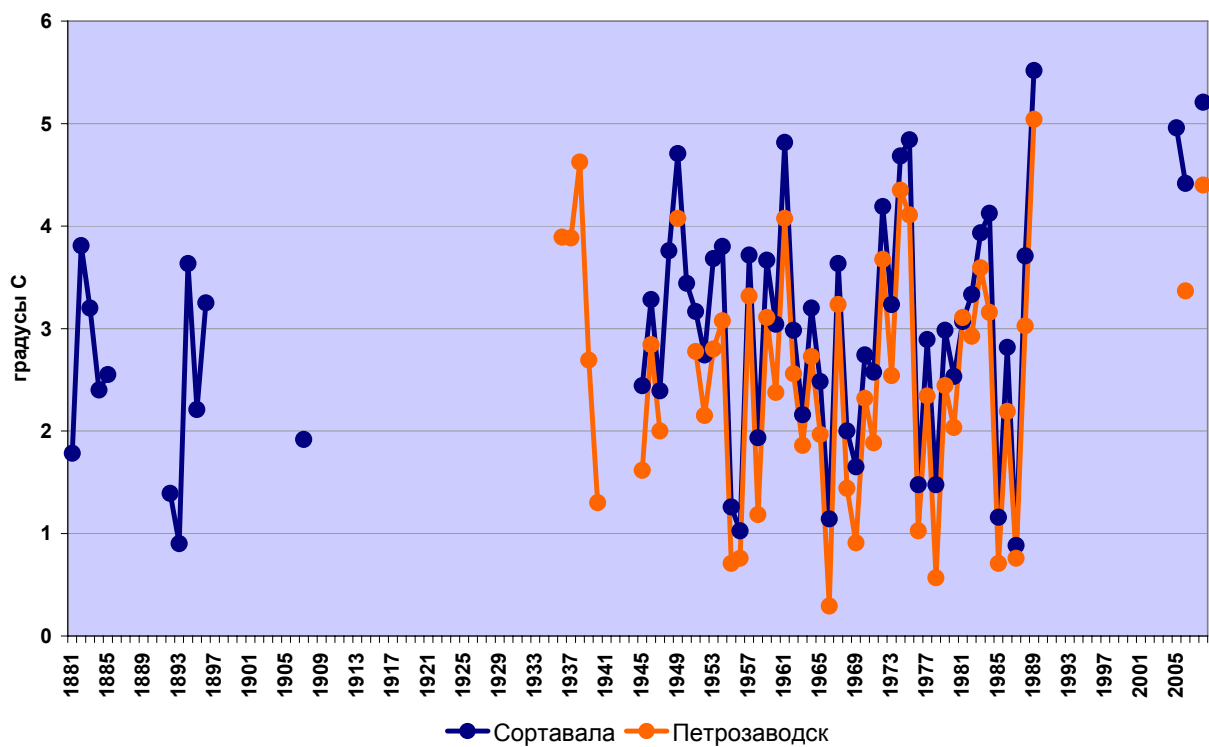


График 6. Температурные ряды по метеостанциям Сортавала и Петрозаводск, используемые Центром Хэдли



Следствиями такого сокращения стали устранение данных, свидетельствовавших о заметном потеплении в Карелии в 1930-х годах и, следовательно, изменение более

длительного (положительного) температурного тренда для Сортавалы с более пологим наклоном на более короткий его тренд с более крутым наклоном.

7. Постоянство расположения метеостанций (минимальное количество и минимальная дальность их переносов по территории).

Для обеспечения необходимого качества проведенных расчетов важную роль играет обеспечение максимального постоянства места наблюдения. В силу различных причин метеостанция может быть перенесена, иногда на несколько сот метров, иногда – на несколько километров. Естественно, что микроклимат, в том числе тепловой режим, нового места ее расположения может не совпадать с прежним.

Из 121 российской станции, данные по которым были использованы сотрудниками HadCRUT, 72 станции (т.е. 59,5% от общего числа) за время своего существования подвергались переносам, причем иногда неоднократно. Среди 355 станций, данные по которым не использовались британскими специалистами, переносу подверглись лишь 73 станции (20,6%). Иными словами, качество данных, не использованных в расчетах глобальной температуры – благодаря более стабильному местоположению точек наблюдения, оказывается значительно выше, чем качество использованных данных.

Таблица 6. Распределение станций в зависимости от стабильности их местоположения

	Число станций			Удельный вес станций, не переносившихся, в их общем числе, %
	Всего	Переносившихся	Не переносившихся	
Использованные в расчетах HadCRUT	121	72	49	40,5%
Не использованные	355	73	282	79,4%
Всего	476	145	331	69,5%

8. Эффект городского потепления

С эффектом городского потепления хорошо знакомы не только метеорологи: в населенных пунктах температура, как правило, выше, чем в окружающей ненаселенной местности, а в крупных населенных пунктах обычно теплее, чем в небольших, находящихся в том же районе. Иногда измерения температуры, проводимые в населенных пунктах, оказываются завышенными по сравнению с окружающей местностью на несколько градусов. Для того, чтобы максимально ослабить эффект городского

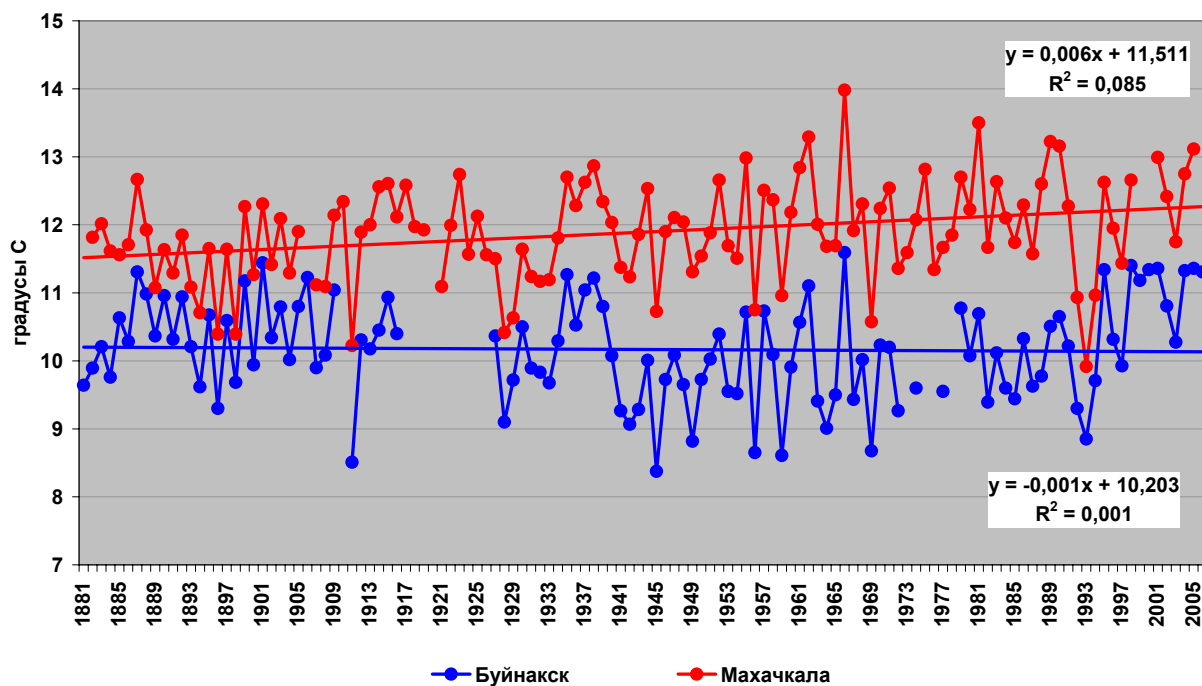
потепления, при прочих равных условиях следовало бы отдавать предпочтение данным, полученным на метеостанциях, расположенных в ненаселенной или же малонаселенной местности.

Таблица 6. Распределение метеостанций по типу и размерам населенного пункта

Численность населения	Число станций			Удельный вес использованных станций в их общем числе	Структура станций		
	Всего	Используй- ванных в расчетах HadCRUT	Не использо- ванных		Всего	Используй- ванных в расчетах HadCRUT	Не использо- ванных
В сельской местности	314	60	254	19,1%	66,0%	49,6%	71,5%
до 20 тыс.чел.	59	17	42	28,8%	12,4%	14,0%	11,8%
20 – 50 тыс.чел.	39	14	25	35,9%	8,2%	11,6%	7,0%
50 – 100 тыс.чел.	14	3	11	21,4%	2,9%	2,5%	3,1%
100 – 500 тыс.чел.	32	17	15	53,1%	6,7%	14,0%	4,2%
500 – 1000 тыс.чел.	12	5	7	41,7%	2,5%	4,1%	2,0%
более 1000 тыс.чел.	6	5	1	83,3%	1,3%	4,1%	0,3%
Всего	476	121	355	25,4%	100,0%	100,0%	100,0%

Около половины станций, данные по которым использовались в расчетах, расположены в сельской местности. Однако удельный вес использованных станций (из общего числа станций в данной категории) быстро возрастает с 19,1% для станций, расположенных в сельской местности, до 83,3% для станций, находящихся в городах-миллионерах. Казалось бы, в этом нет особой необходимости – потенциал использования данных по станциям, расположенным в сельской местности, далек от исчерпания. В малолюдной местности находятся еще 254 станции, на метеоданные которых эффект городского потепления не оказывает существенного влияния. Пример отбора сотрудниками Центра Хэдли станций в зависимости от размеров населенного пункта можно проиллюстрировать с помощью графика 7.

График 7. Температурные ряды по данным метеостанций Буйнакск и Махачкала



По формальным признакам из двух близлежащих метеостанций – Буйнакск (42,49°сш; 47,07°вд) и Махачкала (42,58°сш; 47,33°вд) – станция Махачкала выглядит менее предпочтительной. Население столицы Дагестана превышает пол-миллиона (552 тыс. чел.), в то время как население Буйнакска составляет только 62 тыс.чел. К этому следует добавить, что махачкалинская метеостанция за историю своего существования переносилась трижды. Однако у Махачкалы с точки зрения HadCRUT, похоже, есть содержательное преимущество перед Буйнакском – в ней температурный тренд показывает потепление в 20 веке, в то время как в Буйнакске – слабое похолодание. Неудивительно, что для расчетов глобальной температуры HadCRUT использовал именно Махачкалу и не использовал именно Буйнакск.

9. Результаты

Анализ использования сотрудниками Центра Хэдли и Климатического центра Университета Восточной Англии, метеоданных, полученных на российских станциях, показывает, что проведенная ими выборка привела к следующим результатам:

- удельный вес российских станций при расчете глобальной температуры занижен по сравнению с удельным весом площади России в поверхности земной суши;
- отбор метеостанций проведен таким образом, что в результате без покрытия данными оказалось более 40% территории страны;

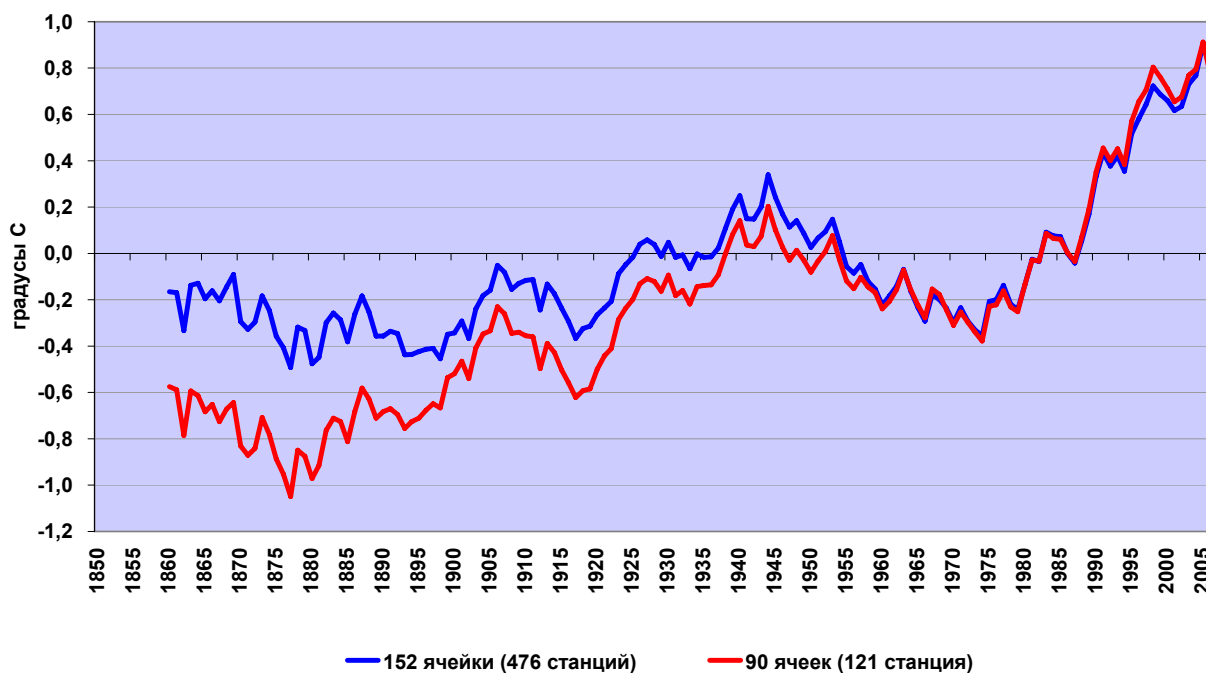
- ряды с наиболее длительными периодами наблюдений, представляющие особую ценность для оценки полуторавековых температурных трендов использованы далеко не полностью;
- при осуществлении выборки данных предпочтение отдано рядам с пропущенными измерениями, в то время как более полные ряды остались невостребованными;
- при осуществлении выборки данных преимущество отдано станциям, изменявшим свое местоположение по сравнению со станциями, его сохранявшим;
- при наличии выбора между близлежащими станциями преимущество отдано станциям, расположенным в более населенных местностях, в том числе в городах с явно выраженными «тепловыми пятнами».

Иными словами, сотрудники HadCRUT осуществили систематическую селекцию метеоданных, отдавая предпочтение менее качественным данным по сравнению с более качественными: их более коротким и менее полным рядам; данным, собранным на станциях, чаще переносившихся и расположенных в более населенных пунктах. Кроме того, они похоже, намеренно отказались от данных, характеризующих температурный режим на примерно 40% территории нашей страны.

Для проверки того, в какой степени примененный подход мог сказаться на окончательных результатах расчетов, необходимо провести сопоставление результатов, полученных по узкой выборке, с результатами, полученными при анализе генеральной совокупности.

Для расчета аномалий приповерхностной температуры воздуха над территорией России по сравнению с уровнем 1961-1990 годов (принятым в современной климатологии за базовый) нами были произведены расчеты как по всем 152 ячейкам пятиградусной координатной сетки (476 станций), так и по тем 90 ячейкам, данные по которым представлены по 121 станции из выборки Центра Хэдли. В обоих случаях были проведены усреднения всех доступных годовых данных по ячейке, вычислены отклонения от базового уровня по каждой ячейке, произведен расчет средних значений отклонений по всем ячейкам за каждый год.

График 8. Отклонения температуры в среднем по территории России относительно уровня 1961-1990 гг., 11-летнее сглаживание

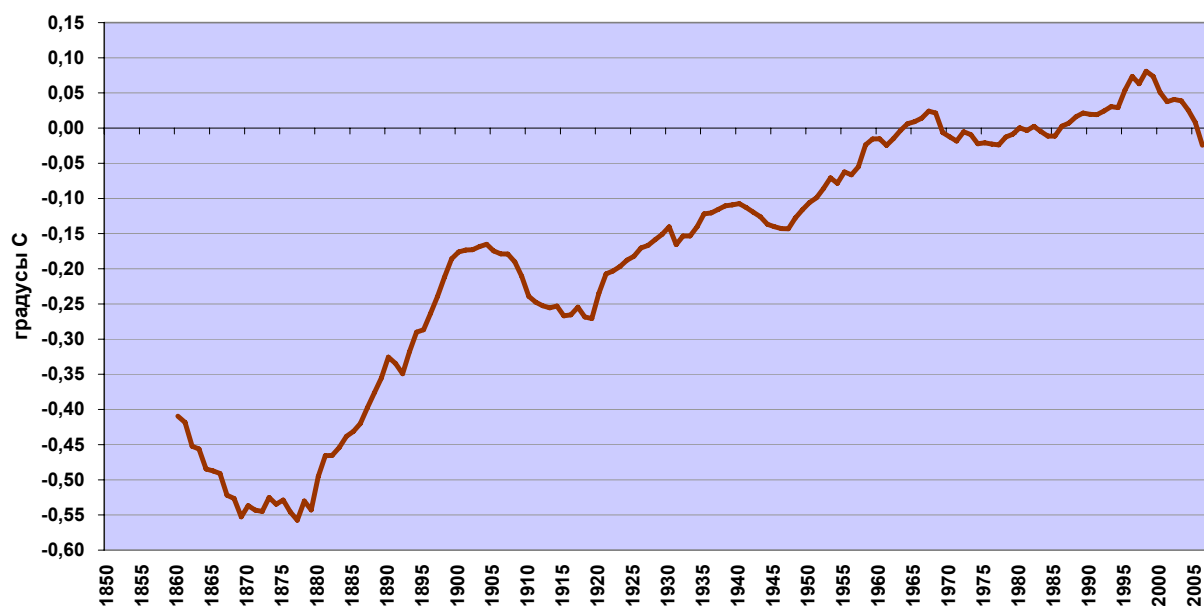


Результаты, представленные на графике 8, показывают существенное расхождение в оценках, полученных двумя способами. Масштаб потепления на территории России за 130 лет – с 1870-х годов до 2000-х годов, получаемый в результате расчета по данным, использовавшимся Центром Хэдли (90 ячеек, 121 станция), является близким к 2,0°C. Однако расчет, проведенный по более полной базе данных (152 ячеек, 476 станций), показывает, что масштабы потепления за тот же период были скромнее – примерно 1,4°C.

Если для периода 1955-1995 гг. характерны в целом близкие значения температурных рядов, рассчитанные обоими способами, то с продвижением в прошлое, а также и в самое последнее десятилетие появляется, а затем быстро нарастает разрыв между обоими рядами. Причем выясняется, что если для периодов до середины 1950-х годов для температурного ряда, построенного по выборке Центра Хэдли, характерно занижение температуры по сравнению с рядом, полученным по всем 476 станциям, то для периода после 1995 г. для температурного ряда, построенного по выборке Центра Хэдли, характерно завышение температуры.

Если во второй половине 1940-х годов температурные аномалии, рассчитанные по выборке HadCRUT, оказались на 0,14 градуса С ниже значений, полученных по всей выборке по территории России, то в 1910-х годах – они стали уже на 0,26 градуса ниже, а в 1870-х годах – уже до 0,56 градуса С – см. график 9.

График 9. Разница в оценках температурных аномалий по расчетам с участием 152 и 90 ячеек координатной сетки, 11-летнее сглаживание.



С учетом отрицательной дивергенции температурных рядов до середины 1950-х годов (до $0,56^{\circ}\text{C}$) и положительной дивергенции температурных рядов в середине 1990-х годов (до $0,08^{\circ}\text{C}$) завышение масштабов потепления, осуществленное сотрудниками HadCRUT, для территории России с 1870-х годов по 1990-е годы можно оценить как минимум в $0,64$ градуса С.

Такая оценка является в то же время весьма консервативной, поскольку для расчетов температуры на территории России были использованы все имеющиеся в базе Росгидромета данные без проведения какого-либо их содержательного отбора, а также без их необходимой коррекции, например, на воздействие эффекта городского тепла.

Искажения температуры в таких размерах для страны такого масштаба, как Россия (12,5% мировой суши), не могут не сказаться на завышении масштабов глобального потепления, представляемых HadCRUT и используемых в докладах МГЭИК. Для выяснения масштабов такого завышения и уточнения данных об изменении глобальной температуры необходимо провести перерасчет всего глобального массива температурных данных.

Если процедуры обработки климатических данных, обнаруженные на примере России, применялись также и по отношению к данным, относящимся к другим регионам мира, то неизбежная коррекция расчета глобальной температуры и ее изменений в 20 веке может оказаться весьма значительной.