

«ОСТРОВ ТЕПЛА» В Г. МУРМАНСКЕ: АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЛИ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ?

Демин В.И.¹, Анциферова А.Р.², Мокротоварова О.И.²

¹ ФБНУ «Полярный геофизический институт», 184209 Мурманская обл., г. Апатиты, Академгородок, 26А; email: demin@pgia.ru.

² Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 183789 г. Мурманск, ул. Шмидта, 23

HEAT ISLAND IN THE MURMANSK: MAN-MADE INFLUENCE OR LARGE-SCALE CIRCULATION EFFECT?

Demin V.I.¹, Antsyferova A.R.², Mokrotovarova O.I.²

¹Polar Geophysical Institute, 184209 Apatity Academgorodok St., 26a, demin@pgia.ru

²Murmansk Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, 183789 Murmansk, Shmidta st., 23

Key words: climate, urban climate, urban heat island, macro-circulation processes,

Abstract

Long-term changes of temperature differences between urban meteorological station in the Murmansk city and nearest rural station “Poljarnoe” were analyzed. During winter and for periods of negative surface net radiation budget the man-made influence on the air temperature in the Murmansk was not detected. For the periods with the positive net radiation budget there is a minor increase of differences of daily minimal ($0.047^{\circ}\text{C}/10\text{years}$) and average daily temperatures ($0.02^{\circ}\text{C}/10\text{years}$). This suggests the small urban influence on the thermal regime of terrain.

Как известно, температура воздуха в городе несколько выше, чем над окружающей сельской местностью. Основной причиной возникновения «острова тепла» является модификация подстилающей поверхности городской застройкой, сопровождаемая изменением теплового баланса. В этой связи появление «острова тепла» является одним из самых наглядных примеров мезомасштабного изменения климата в результате деятельности человека и к изучению этого явления проявляется повышенный интерес.

Целью данной работы является оценка репрезентативности метеорологических наблюдений на городской метеорологической станции (ГМС) «Мурманск» для анализа климатических изменений ближайших территорий ввиду возможного искажающего действием городского «острова тепла».

В работе использованы данные ВНИИ Гидрометеорологической информации-Мировой центр данных (г. Обнинск) и Мурманского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Традиционный метод обнаружения городского острова тепла основан на сравнении метеорологических измерений внутри города и в ближайшей сельской местности. Однако прямое сопоставление может быть некорректным, так как отдельные ГМС и районы города в целом, как правило, оказываются в разных микроклиматических условиях. Например, г. Мурманск расположен в холмистом рельефе с перепадом высот до 300 м. К влиянию рельефа добавляется и тепловое воздействие Кольского залива. В этой связи пространственное распределение температуры воздуха на территории, занятой городом, должно быть неравномерным (с естественными «островами тепла» и «холода») и без антропогенного

воздействия. Ситуация усугубляется тем, что и микроклиматические различия, и городской «остров тепла» проявляются при одних и тех же метеорологических условиях.

Надежнее воспользоваться тем, что по мере роста города масштаб антропогенного воздействия на окружающую среду усиливается, а вместе с ним растет и интенсивность «острова тепла». Это позволяет диагностировать появление и эволюцию «острова тепла» по увеличивающейся со временем разнице температур в центральной части города и ближайшими фоновыми станциями.

Мурманск стал застраиваться в 1915 г. Во время Отечественной войны город был практически полностью разрушен, однако уже к 1952 г. восстановлен до довоенного уровня. Значительное расширение территории Мурманска пришлось на 1970-е – начало 1980-ых гг. В 1989 г. население города достигло 468 тыс. чел. В последующие годы последовал сильный экономический спад, снижение объемов промышленного производства, строительства, значительный отток населения.

Метеорологические наблюдения в г. Мурманск начались в 1917 г., но из-за переносов метеорологической площадки климатически однородным можно считать ряд с 1935 г. В качестве фоновой наиболее всего подходит ГМС «Полярное», расположенная в схожих климатических условиях на пустынном Екатерининском острове в Кольском заливе в 30 км к северу от Мурманска.

На рис.1 представлена динамика разностей температур между ГМС «Мурманск» и «Полярное». Чтобы представить все изменения на одном рис. и с помощью одной цветовой шкалы, использована не абсолютная разность, имеющая сезонный характер, а ее отклонение от среднего значения за период 1935-2015 гг.

В разности минимальных температур между ГМС «Мурманск» и «Полярное» статистически значимый положительный тренд наблюдается в период с апреля по октябрь. В разности среднесуточных значений – в апреле, мае, августе, сентябре, октябре. В разности максимальных – только в феврале, апреле и июле (отрицательный). Ни в одном из месяцев не наблюдается монотонного изменения разностей: существуют кратковременные периоды с их увеличением (на ГМС «Мурманск» становится теплее) и уменьшением. При этом тренды могут быть разнонаправленными даже внутри соседних месяцев одного и того же сезона. Неоднозначный характер изменений говорит о том, что на разность температур между ГМС «Мурманск» и «Полярное» (а также ГМС «Мурманск» и «Кола»), несмотря на их близкое расположение, оказывают сильное влияние не только антропогенные изменения окружающей среды в окрестностях ГМС «Мурманск».

Принято считать, что все крупные и продолжительные погодные аномалии имеют одинаковую (макроциркуляционную) природу и охватывают значительное пространство, а их влияние на разницу температур между близко расположенными станциями незначительно. Это справедливо для довольно длительных промежутков времени. Однако на коротких временных интервалах утверждение о постоянстве разностей, строго говоря, не является правильным. В зависимости от характера макроциркуляционных процессов в конкретном месяце или сезоне создаются температурные аномалии различной географической локализации. Положение сравниваемых станций относительно зон этих аномалий оказывает влияние на временной ход разности температур между ними. Кроме того, микроклиматические различия между станциями также зависят от погоды и, очевидно, варьируют от одной циркуляционной эпохи к другой. Наконец, городской «остров тепла» проявляется в определенных метеорологических условиях, повторяемость которых для разных групп макропроцессов внутри циркуляционных эпох также может быть разной.

По всей видимости, воздействие макроциркуляционных факторов на разность температур между близко расположенными ГМС «Мурманск» и «Полярное» вполне сопоставимо по величине с эффектом городского «острова тепла», что и объясняет неоднозначность наблюдаемых изменений. В какие-то периоды времени

макrocиркуляционные процессы усиливают изменения разности температур ГМС «Мурманск» и «Полярное», обусловленные антропогенным воздействием г. Мурманска, в другие – ослабляют его.

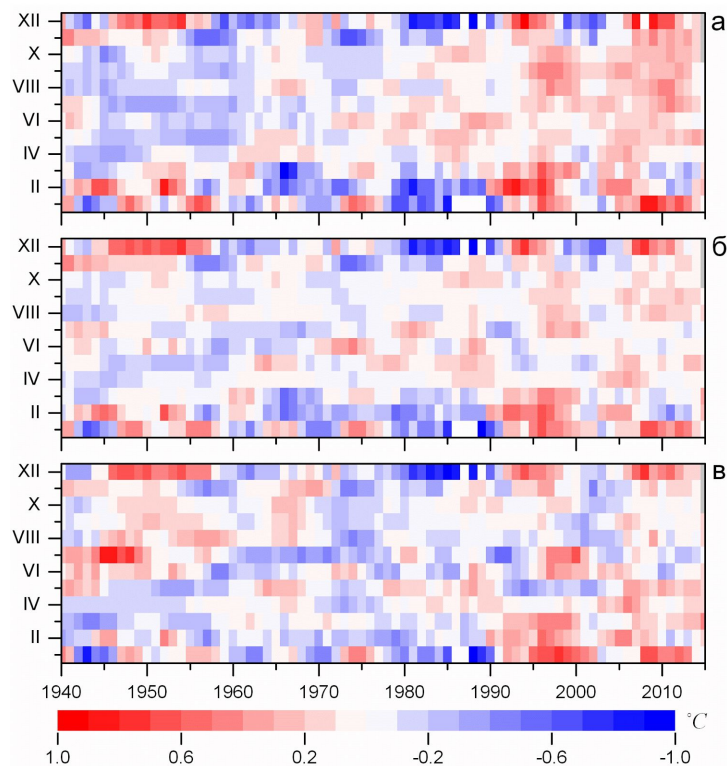


Рис.1 Отклонения разности средних минимальных (а) среднесуточных (б) и средних максимальных (в) на ГМС «Мурманск» и «Полярное» от их средних значений за период 1935–2015 гг. после 5-летнего сглаживания

Если предположить слабый эффект городского «острова тепла», то его надежное выделение потребует максимально большой выборки. Например, можно создать только два периода в зависимости от знака радиационного баланса. Это позволит скомпенсировать циркуляционные аномалии отдельных месяцев. Такой подход выглядит вполне обоснованным и с физической точки зрения: именно эффективное поглощение и сохранение городом солнечного тепла является одной из основных причин возникновения «острова тепла» [1].

В период с отрицательным радиационным балансом (ноябрь-март) за счет непродолжительного светового дня и полярной ночи (2 декабря-10 января) формирование «острова тепла» возможно только за счет антропогенных факторов. Их роль должна возрастать по мере роста города. Однако к 1980-ым - началу 1990 гг., когда город активно застраивался, разность температур между ГМС «Мурманск» и «Полярное», напротив, уменьшалась. Ее повышение произошло в 1990-ых гг., когда антропогенная нагрузка даже уменьшилась. В этот период года разность температур не следует за ростом города (рис.1), а ее вариации создаются, очевидно, только особенностями макроциркуляционных процессов.

Положительный радиационный баланс подстилающей поверхности в г. Мурманске наблюдается с середины апреля по начало октября, а в период с 21 мая по 22 июля на широте Мурманск полярный день. За счет продолжительного светового дня обеспечивается поступление суммарной солнечной радиации, сопоставимое и даже превышающее ее значения в более южных широтах [2]. В этот период разность минимальных температур между ГМС «Мурманск» и «Полярное» увеличивалась со средней скоростью около $0.047^{\circ}\text{C}/10$ лет (рис.2). Учитывая, что «остров тепла» проявляется в определенных

метеорологических условиях (тихая и малооблачная погода), можно допустить, что с ростом города увеличилось число интенсивных случаев явления, однако из-за незначительного количества таких эпизодов среднее значение изменилось слабо. Однако различие между скоростью верхнего и нижнего квантилей всего $0.01^{\circ}\text{C}/10$ лет. Повышение разности среднесуточных температур менее заметно: $0.02^{\circ}\text{C}/10$ лет. Статистически значимого увеличения разницы между максимальными суточными температурами нет.

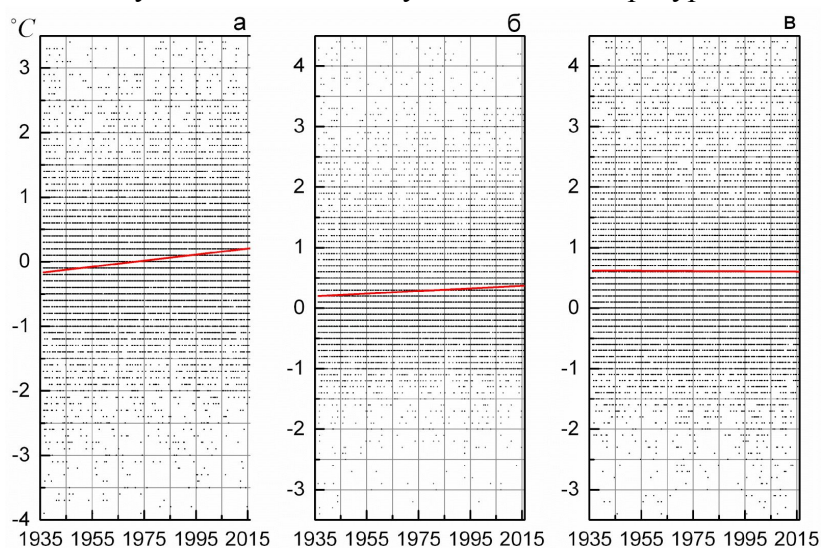


Рис 2 . Линейный тренд разностей минимальных (а), среднесуточных (б) и максимальных (в) температур между ГМС «Мурманск» и «Полярное» в период апрель-октябрь.

Обнаруженные изменения качественно согласуются с динамикой температуры в условиях растущего города, где наблюдается, прежде всего, повышение минимальных температур, по сравнению с окружающей сельской местностью, и слабые изменения или даже их отсутствие в разности максимальных температур. Кроме того, «остров тепла», как правило, более выражен в летнее время, когда в условиях более интенсивной солнечной инсоляции городские постройки накапливают большее количество тепла, которое расходуется на обогрев воздуха ночью.

Однако, с учётом того, что циркуляционные процессы могут вызвать значимые колебания разности температур даже между близко расположенными ГМС (это хорошо видно на примере зимних месяцев (рис.1), возникает вопрос: не мог ли слабый эффект городского «острова тепла» в теплое время года быть усилен сменой повторяемости макроциркуляционных процессов (циркуляционных эпох)? Признаком того, что такое воздействие могло иметь место, служит тот факт, что наибольшие изменения в разностях произошли после 1995 г, когда в силу экономических причин роль антропогенного фактора, как минимум, не увеличилась. В этой связи вопрос об исключительно антропогенной природе обнаруженных изменений можно считать открытым.

Однако, несмотря на эту неопределенность, общее воздействие города на температурный режим в окрестностях ГМС «Мурманск» незначительное и вносит лишь небольшой вклад в наблюдаемый долговременный тренд. При сравнении углов наклона линейных регрессий, отражающих тенденции средних сезонных температур на ГМС «Мурманск» и «Полярное» в период 1935-2015 гг., статистически значимого различия между ними не обнаруживается. Это может быть вызвано, прежде всего, небольшой повторяемостью сочетания метеорологических условий, способствующих проявлению «острова тепла», как минимум, в месте положения ГМС (облачность, достаточно сильный ветровой режим, уменьшающий разность между районами города и пригородами). В этой связи измерения на ГМС «Мурманск», несмотря на ее положение внутри крупного города с

более чем 300-тысячным населением, можно считать репрезентативными для задач региональной и глобальной климатологии.

Литература

1. Оке Т.Р. Климаты пограничного слоя. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 360 с.
2. Климат России / под ред. Н.В. Кобышевой. СПб. : Гидрометеиздат. 2001. 654 с.