

DOI: 10.25702/KSC.2588-0039.2019.42.226-229

О ВЛИЯНИИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА В АПАТИТАХ

В.И. Демин¹, Б.В. Козелов¹, Ю.А. Горбань², Ю.В. Меньшов³

¹ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты, Россия,
e-mails: demin@pgia.ru, boris.kozelov@gmail.com

²СЗФ ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета", г. Мурманск, Россия

³Территориально-ситуационный центр ФКУ Упрдор «Кола», г. Петрозаводск, Россия

Аннотация. В летний период дневные температуры в г. Апатиты практически не отличаются от температуры воздуха в его пригородах. Значительные положительные аномалии температуры воздуха в городе (до 6–8°C) могут возникать ночью в тихую и ясную погоду. Аккумуляция солнечной радиации городскими конструкциями и последующая его отдача воздуху является главным механизмом формирования ночного острова тепла летом. Однако разность температуры на городском и фоновом холмах не усиливается с увеличением суммы накопленной городом в предшествующие сутки солнечной радиации. Накопленная днем в городе солнечная радиация быстро выносится за пределы приземного слоя и практически не оказывает никакого влияния на тепловой режим приземного слоя воздуха в городе. Это указывает на слабую интенсивность городского острова тепла.

Введение

Городской остров тепла (ГОТ) является наиболее известной чертой городского микроклимата. Как правило, под ним подразумевают более высокие температуры воздуха внутри застройки по сравнению с ее значением на окружающей сельской местности, хотя в общем виде, тепловая аномалия, создаваемая городом, захватывает не только приземный слой атмосферы, но также прослеживается и в температуре почвы (поверхности и на глубинах) и грунтовых вод. ГОТ является наглядным примером антропогенного изменения климатических условий территории в процессе строительства и функционирования города вследствие преобразования радиационных, термических, влажностных и аэродинамических характеристик ландшафта.

Несмотря на хорошо известные механизмы формирования ГОТ, вопрос об относительной значимости каждого из них остается нерешенным [5, 6]. Исследования теплового режима приземного и пограничного слоев воздуха в городах Мурманской области представляет особый интерес: из-за полярной ночи и полярного дня здесь выделяются два периода с разными наборами механизмов, ответственных за формирование ГОТ. В зимний период в явном виде должна проявиться роль антропогенных потоков тепла (АПТ), а в летний – солнечной радиации. Влияние АПТ и микроклимата на величину тепловой аномалии в г. Апатиты в зимний период подробно рассмотрено в работе [2]. В частности, показано, что значение тепловой аномалии в городе не зависит от АПТ, а не меньше, чем в городе, положительные аномалии температуры, причем, как правило, в то же самое время, существуют и на фоновых участках со схожим микроклиматом [3]. Это позволило сделать заключение о слабом зимнем ГОТ в г. Апатиты. Более ожидаемым было бы обнаружение ГОТ в летние месяцы, когда за счет продолжительной (или непрерывной в период полярного дня) инсоляции поступление суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, сопоставимо и даже превышает ее характерные значения в средних широтах [4].

Целью данной работы является изучение вклада солнечной энергии в возникновение положительной аномалии температуры воздуха в г. Апатиты.

Использованные данные

В работе использованы измерения температуры воздуха на автоматических метеорологических станциях (АМС) Полярного геофизического института, Территориально-ситуационного центра ФКУ «Управление Федеральной автомобильной магистрали Санкт-Петербург – Мурманск» (ФКУ Упрдор «Кола»), авиационной метеорологической станции «Апатиты» (АМСГ).

Результаты и обсуждение

Измерение температуры воздуха в городе летом сопряжено с некоторыми сложностями. Большая часть элементов городской застройки (стены домов, кровли зданий, дорожные покрытия, тротуары и т.д.) имеют низкое альбедо и в солнечную погоду сильно нагреваются, достигая, например, в Апатитах температуры 45–50°C и более градусов. Находящийся над такими поверхностями или вблизи них воздух приобретает

локальные аномалии. Их обнаружению будет также способствовать и использование АМС с плохой радиационной защитой, технически допускающих перегрев датчиков температуры. Однако если при установке АМС избегать таких местоположений и использовать качественные приборы, можно обнаружить, что дневные температуры воздуха в г. Апатиты и его окрестностях, в целом, отличаются незначительно (рис. 1): характерное для этого времени суток интенсивное турбулентное перемешивание выравнивает пространственное распределение температуры и микроклиматические неоднородности выражены слабо. Не наблюдается существенных различий в температуре воздуха в облачную погоду, при выпадении осадков или при скоростях ветра более 2-3 м/с. Наибольшие различия между городом и пригородами возникают в тихую ясную погоду ночью, к которой следует отнести период с отрицательным радиационным балансом, возникающий из-за низкой высоты Солнца над горизонтом.

Появление положительной аномалии в г. Апатиты ночью качественно совпадает с типичной картиной ГОТ: разность температуры между городом и сельской местностью, как правило, растет после захода Солнца. Причиной этого являются разные скорости выхолаживания: после захода в сельской местности запасы тепла быстро расходуются за счет длинноволнового излучения, в то время как город остывает более медленно и монотонно. В городской застройке большая часть воздуха находится в городских каньонах. В течение дня, благодаря большой площади искусственных поверхностей, поглощающих солнечную радиацию, конструкции зданий и других сооружений активно накапливают тепло, а вечером и ночью они отдают его прилегающему слою воздуха, повышая температуру. Кроме того, в городе часть уходящего длинноволнового излучения перехватывается стенками каньонов.

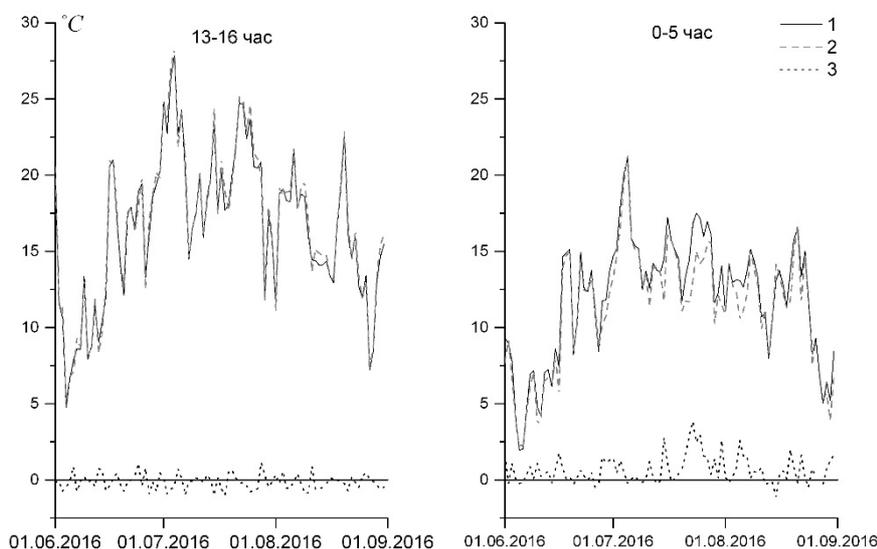


Рисунок 1. Вариации средней температуры воздуха в г. Апатиты (1) и на АМСГ «Апатиты» (2) в дневные (13-16 час) и ночные (0-5 час) часы и их разности (3).

Существует и другие факторы возникновения ГОТ. Например, загрязненный городской воздух увеличивает противоизлучения атмосферы. В городе существует также дополнительный источник энергии – антропогенные потоки тепла (АПТ), к которым относят тепло, образующееся при сжигании твердого и жидкого топлива в бытовых и промышленных целях, в транспортных средствах, тепло от работы электрических установок и тепло, возникающее в технологических или метаболических процессах. Однако, как показывает многолетний мониторинг приземного озона, концентрация загрязняющих веществ в г. Апатиты в ночные часы близка к фоновым значениям [1]. Вклад АПТ в интенсивности положительной аномалии не прослеживается даже зимой, когда значительная часть энергии идет на отопление города [2]. Летними ночами его роль многократно слабее. Поглощение и преобразование солнечной энергии можно считать главным механизмом возникновения ночного ГОТ. По этой причине связь ночной аномалии температуры воздуха в городе с накопленной в предшествующие дневные часы суммой солнечной радиаций (коэффициент корреляции между ними достигает 0.44) выглядит неслучайной (рис.2). Разброс точек на рис. 2 вызван сильным влиянием метеорологических условий (скорости ветра, количества и типа облачности).

Однако ГОТ – явление исключительно антропогенное, в то время как тепловые аномалии могут существовать и за счет естественного микроклимата. Город Апатиты занимает верхнюю часть холма, приподнятого над окружающей местностью на 30–70 м. Ночью во все сезоны здесь теплее, чем на прилегающей равнине из-за стока холодного воздуха вниз. Территория Апатит еще до появления города была теплее ближайших окрестностей. Появившийся с возникновением города ГОТ только усилил существующий

контраст. Если игнорировать вклад естественного микроклимата и считать обнаруженную аномалию только техногенной, интенсивность ГОТ оказывается необоснованно завышенной. Чтобы выделить именно антропогенный ГОТ, необходимо сравнивать участки только со схожим набором естественных процессов, формирующих микроклимат. В холмистом рельефе принято выделять микроклиматы вершин и верхних частей склонов (есть сток холодного воздуха, отсутствует приток), микроклиматы средних частей склонов (сток холодного воздуха и компенсирующий его приток), нижних частей склонов (приток холодного воздуха и ухудшенные условия для его стока) и подножий (застой холодного воздуха – озеро холода). Минимальные температуры в этой последовательности (от вершин к подножиям) понижаются. Температуру в верхней части городского холма следует сопоставлять не с температурой на прилегающей равнине, а с температурой в верхней части фонового холма.

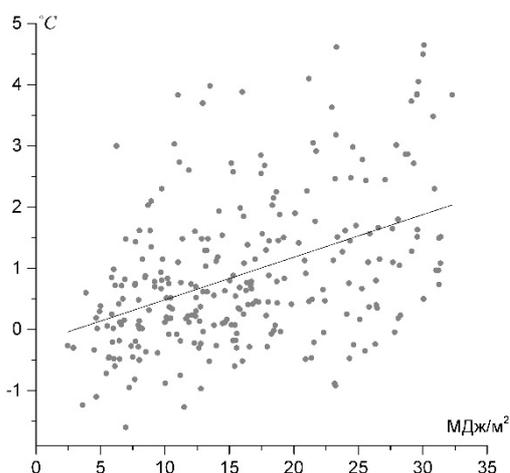


Рисунок 2. Связь средней ночной (0-5 час) аномалии температуры воздуха в Апатитах с величиной суммарной солнечной радиации, поступившей на горизонтальную поверхность в предыдущие сутки.

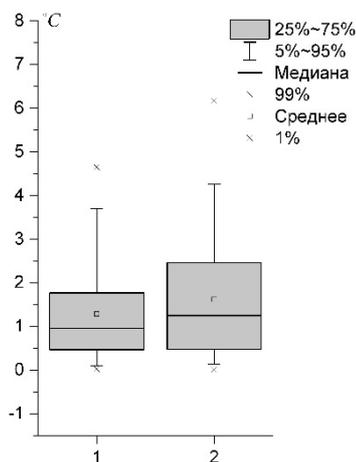


Рисунок 3. Статистика положительных аномалий средних ночных (0-5 час) температур на городском холме в г. Апатиты (1) и на АДМС-1166 (2).

интенсивности ГОТ не гарантирует исключения искажающей роли микроклимата. Корреляция ночной аномалии температуры воздуха в городе с величиной накопленной в предшествующие дневные часы суммой солнечной радиаций отражает другой процесс: большие суммы солнечной радиации возможны только при отсутствии облачности и высокой прозрачности атмосферы. При сохранении такой погоды в ночные часы последует сильное радиационное выхолаживание, которое будет сопровождаться усилением

Автоматическая дорожная метеорологическая станция (АДМС–1166) также как и городская АМС расположена в верхней части холма. Она удалена от Апатит на 50 км к ЮЗ. Однако обусловленное горизонтальным градиентом различие температур между Апатитами и АДМС–1166 всего около 0.2–0.3°C и не мешает выявлению ГОТ, если его величина действительно достигает нескольких градусов.

Если сопоставить ночные температуры в г. Апатиты и на АДМС-1166, обнаружится, что в городе они не выше, чем в фоновых условиях, причем положительная аномалия на фоновом холме существует часто в то же самое время и имеет примерно такую же интенсивность [3]. Как показано на рис. 3, обнаруживаемая в г. Апатиты положительная тепловая аномалия не выходит за пределы микроклиматической изменчивости температуры воздуха в холмистом рельефе (естественной разности, возможной между вершиной холма и прилегающей равниной).

Разность температур между верхней частью холма, где установлена АДМС–1166, и прилегающей к нему равниной вызывается только динамическими процессами, существующими в холмистом рельефе (сток холодного воздуха, более интенсивный турбулентный обмен на вершинах холмов, обеспечивающих приток теплового воздуха с более высоких уровней в атмосфере, в то время как турбулентный обмен у подножия холмов и на равнинах ослаблен из-за инверсий). Разность температур между верхней частью городского холма и прилегающей равниной создается такими же механизмами, но усиливается еще и антропогенным ГОТ. При появлении и усилении ГОТ разность температур между городской АМС и АДМС-1166 должна увеличиваться на его величину. Это увеличение должно быть пропорционально сумме накоплено солнечной радиации. Однако в действительности этого не наблюдается (рис. 4).

Суммарная солнечная энергия является входным параметром для моделей, описывающих метеорологический режим городов (теплофизические характеристики искусственных поверхностей, а также параметры, характеризующие морфологию городской застройки, остаются без изменений даже в условиях активного городского строительства). Пример с г. Апатиты показывает, что модельный расчет

микrokлиматических неоднородностей, что, в частности, приведет к увеличению разности температуры между верхними частями холмов (как городского, так и фонового) и прилегающей равниной.

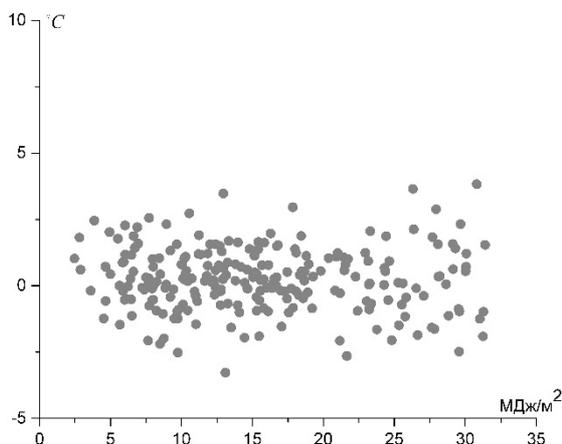


Рисунок 4. Разность средних ночных (0–5 часов) температур между городской АМС в г. Апатиты и фоновой АДМС-1166 в зависимости от величины суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность в предыдущие сутки.

Заключение

В летний период дневные температуры в г. Апатиты практически не отличаются от температуры воздуха в его пригородах. Значительные положительные аномалии температуры воздуха в городе могут возникать ночью в тихую и ясную погоду. Несмотря на то, что температура воздуха в г. Апатиты в такие периоды может быть намного выше, чем в пригородах (до 6–8°C), она не превышает значений, наблюдаемых в схожих по условиям формирования естественного микроклимата фоновых участках.

Разность температуры на городском и фоновом холмах не усиливается с увеличением суммы накопленной городом в предшествующие сутки солнечной радиации. Так как такое накопление является главным фактором формирования ночного ГОТ летом, это говорит о его слабой интенсивности. Накопленная днем в конструктивных элементах города солнечная радиация в вечерние часы быстро выносится за пределы приземного слоя и практически не оказывает никакого влияния на тепловой режим приземного слоя воздуха в городе.

Литература

1. Демин В.И., Белоглазов М.И., Еланский Н.Ф. Некоторые результаты мониторинга приземного озона на Кольском полуострове (1999–2003 гг.) // Метеорология и гидрология. 2005. № 10. с. 10–20.
2. Демин В.И., Козелов Б.В., Собакин А.П. и др. Влияние микроклимата на результаты моделирования городского острова тепла (на примере города Апатиты) // Математические методы в естественных науках. Апатиты. К&М. 2018. с. 65–78.
3. Демин В.И., Козелов Б.В., Елизарова Н.И., Меньшов Ю.В. Влияние микроклимата на точность оценки городского «острова тепла» // Труды ГГО. 2017. вып. 584, с. 74–93.
4. Климат России (под ред. Н. В. Кобышевой). — СПб: Гидрометеоздат. 2001. 654 с.
5. Оке Т.Р. Климаты пограничного слоя. — Л.: Гидрометеоздат. 1982. 360 с.
6. Oke T.R., Mills G., Christen A., Voogt J.A. Urban Climates. – Cambridge University Press. 2017. 582 p.