



Оценка городского острова тепла в условиях сложного рельефа и неоднородной подстилающей поверхности

Демин В.И., Козелов Б.В.

Полярный геофизический институт, Апатиты

Лосев А.В.

Институт проблем промышленной экологии Севера, Апатиты

Заров Е.А.

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск

Механизмы формирования городского «острова тепла»

1. поглощение коротковолновой радиации (в дневные часы) конструкциями зданий, покрытиями дорог и т.д.
2. уменьшение эффективного излучения вследствие большей закрытости горизонта (меньше площадь открытого неба)
3. увеличение приходящей длинноволновой радиации из-за большего противоизлучения загрязненной городской атмосферы;
4. уменьшение затрат тепла на испарение почвой вследствие отведения воды канализационными системами.
5. уменьшение потерь тепла за счет ослабления турбулентного обмена по вертикали при меньшей скорости ветра в городе
6. выделение антропогенного тепла (сжигание топлива, отопление, работа электрических установок и приборов и т.д.).

Городской «остров тепла» - явление антропогенное!



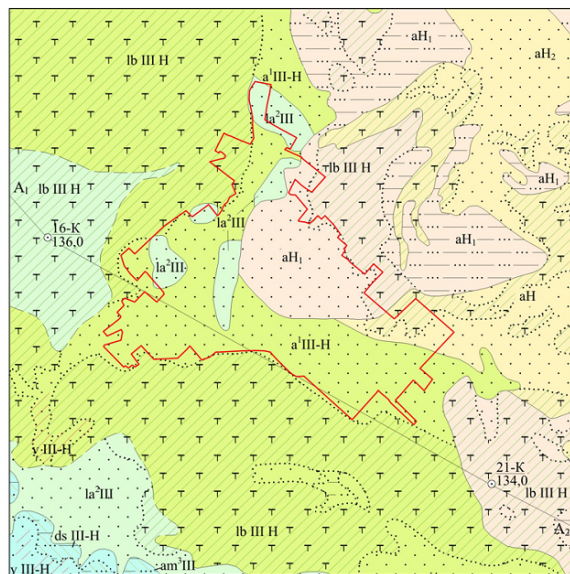
Если холм, говорим о микроклимате холмистого рельефа.
Например, в верхней части холма минимальные температуры выше, чем у его подножия и на окружающей равнине.

А если на этом холме построить город?



Типичный пейзаж северных районов западной Сибири

Где построить новый город?



Из истории города Надым:

«нгде я» — сухое, возвышенное место, на котором растёт луговая трава (ненецкое)

«Осенью 1967 года барачный посёлок был выбран в качестве опорной базы для разработки газового месторождения Медвежье. Окружённый многочисленными озёрами посёлок располагался на сухом возвышенном месте, что позволяло построить взлётно-посадочную полосу для авиатранспорта».

«Территория города расположена в пределах аккумулятивной аллювиальной равнины на останце первой надпойменной террасы и отчасти высокой поймы р. Надым» // «Инженерно-геологические условия г. Надыма и его окрестностей».



Сухое место среди болота – указатель, что на данном участке существует свой особый микроклимат, который отличается от микроклимата окружающей территории!

В случае Надыма – участок изначально (уже до строительства города) зимой был теплее, чем окружающая местность

Построили город

Особый микроклимат территории никуда не делся – он видоизменился:

Микроклимат города = микроклимат (естественный) местности
+ микроклимат городской застройки (антропоген)

Это не отрицание самого существования внутри городской застройки антропогенного «острова тепла» - остров тепла в той или иной степени должен быть.

Но простое сравнение температуры воздуха в городе и за его пределами для обнаружения городского острова тепла некорректная процедура, так как их разность определяется не только техногенным воздействием города, но и от микроклимата в местах измерения температуры!

Если микроклиматом пренебречь?



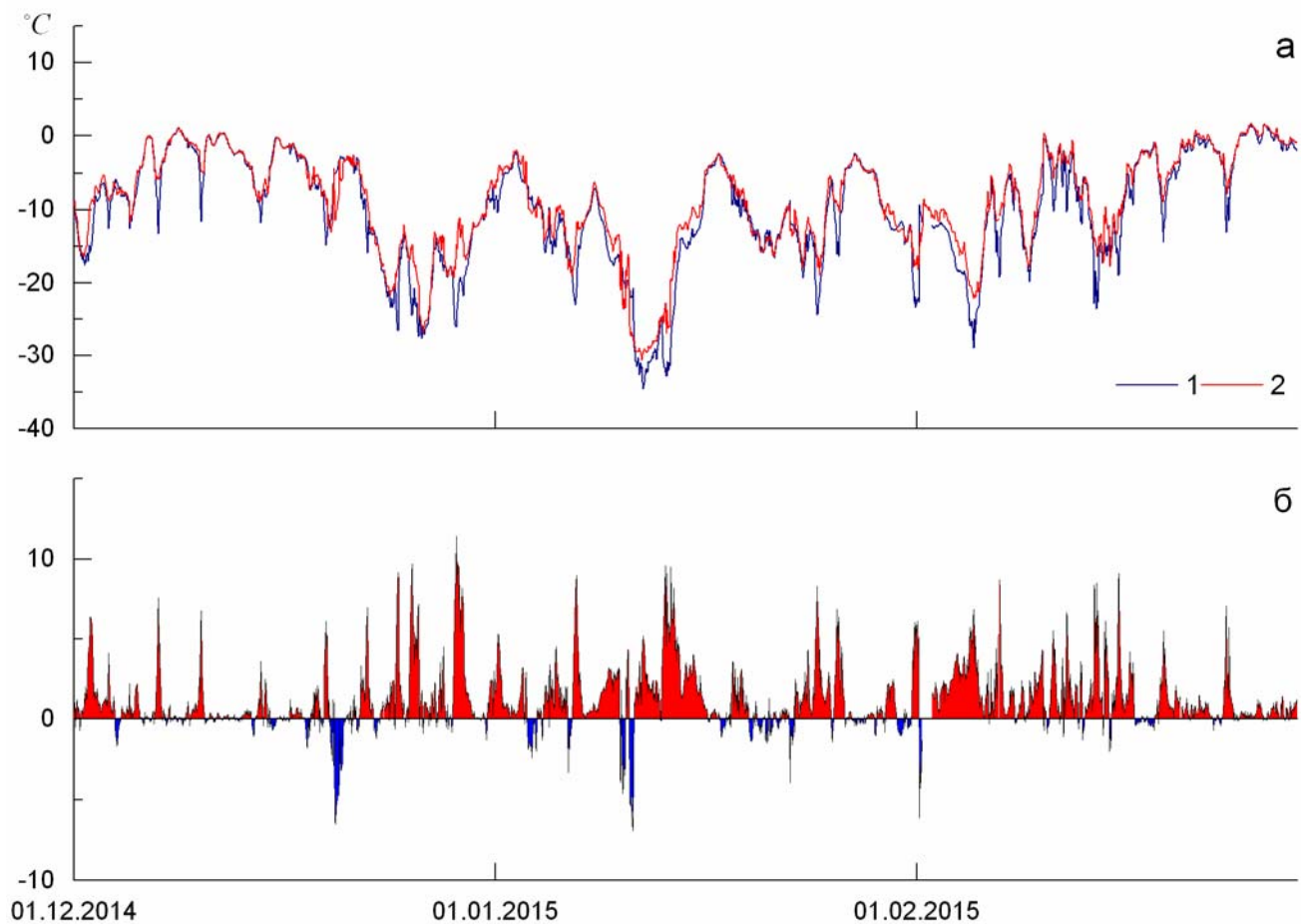


Город Апатиты – «Мекка» городской климатологии

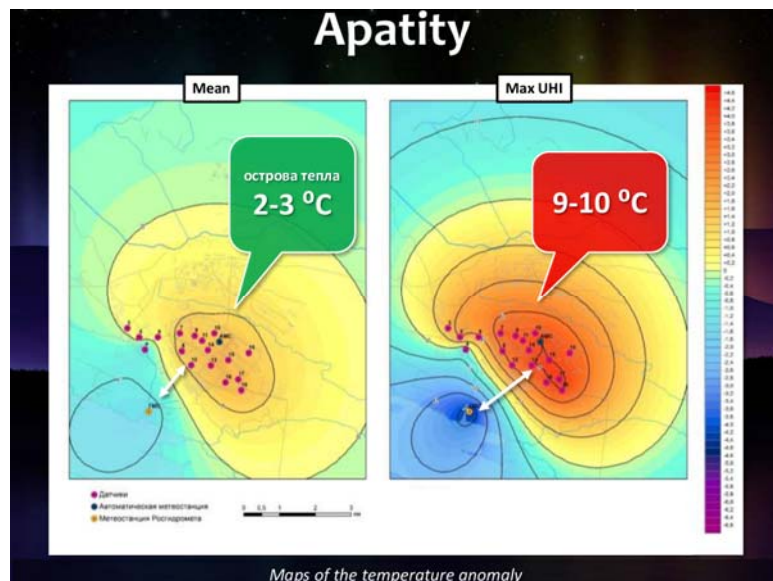
Почему Мекка?

А потому, что при малых размерах города (площадью около 3 км² (~2.5 на 1.5 км), в зоне, где нет промышленных предприятий и большая площадь занята парками существует «остров тепла».

Интенсивность которого сопоставима с интенсивностью городских островов тепла крупнейших мегаполисов мира



а – Температура воздуха на территории «Академгородка» в г.Апатиты (1) и на АМСГ «Апатиты» (2) и их разность (б)



Для сравнения:

максимальная интенсивность ГОТ в
Лондоне 8.6°C (Kolokotroni, 2006)
Париже 8.0°C (Lemonsu, 2002)
Риме 5.0°C (Bonacquisti, 2006)

Уже в 300-400 м от четко
выраженной границы города
температура на 10-16°C выше, чем в
пригороде

Если подойти к явлению чисто
формально (в городе теплее, чем за его
пределами) – городской остров тепла
(ГОТ):

Зимой до 15-16°C

Летом (только ночью) до 6-8°C



В реальности все не так просто



АБ ~ 1.4 км, ВГ ~ 2.8 км

Город занимает верхнюю часть холма, который на 20-70 м возвышается над окружающей местностью

Много это или мало?

«Как полигон был выбран город Апатиты Мурманской области ввиду его размера (59 тыс. жителей) и небольшой разницы высот в пределах города». // Балдина Е.А., Константинов П.И., Грищенко М.Ю., Варенцов М.И. Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне // Земля из космоса — наиболее эффективные решения, 2015, специальный выпуск, с. 38-42

«Апатиты (Мурманская обл.). ... его равнинное положение, которое исключает влияние инверсий на температурный режим городской территории» // П. И. Константинов*, М. Ю. Грищенко, М. И. Варенцов Картографирование островов тепла городов Заполярья по совмещенным данным полевых измерений и космических снимков на примере г. Апатиты (Мурманская область). Исследование Земли из космоса, 2015, № 3, с. 27–33

Обычный подход при изучении ГОТ – небольшие вариации рельефа просто игнорируются

**На основании чего можно
пренебрегать???**

Таблица 5.3

ИЗМЕНЕНИЕ ($^{\circ}\text{C}$) ЗИМНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ($\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$, $\Delta T_{\text{в}}$) ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В ХОЛМИСТОМ И ГОРНОМ РЕЛЬЕФЕ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Номер района	Мезорайон по базисам эрозии (ΔH)	Параметр	Вершина, верхняя треть склона	Середина склона	Широкая долина	Замкнутая долина, котловина	Разность вершина — котловина
1	Слабовскопленный рельеф ЕЧС ($\Delta H \leq 50$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	2 2	1 1	-2 -1... -2	-3... -4 -2... -3	5-6 4-5
2	То же в условиях континентального климата АЧС	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	2-3 >2	1-2 >1	-2 -2	-4 -3... -4	6-7 5-6
3	Холмистый рельеф ЕЧС и слабовыраженный рельеф АЧС ($\Delta H \approx 50 \dots 150$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	3-4 2-3	>2 1-2	-2... -3 -2... -3	-4... -5 >4	7-9 6-7
4	Холмистый рельеф АЧС ($\Delta H \approx 50 \dots 150$ м), низко- и среднегорный рельеф ЕЧС ($\Delta H \approx 150 \dots 300$ м и более)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	4-5 3-4	2-3 >2	>3 >3	-5... -6 -4... -5	9-11 7-9
5	Низко- и среднегорный рельеф АЧС ($\Delta H \approx 150 \dots 300$ м) и горы Кавказа ($\Delta H > 300$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	>5 4-5	- -	-3... -5 -3... -4	-6... -8 -5... -6	11-13 9-11
6	Горы Тянь-Шаня, Памира, Алтая и Саян ($\Delta H > 300$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	5-6 >5	- -	-5... -6 -4... -5	-8... -9 -6... -8	13-15 11-13
7	Горы Центральной и Восточной Якутии ($\Delta H > 300$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	>6 5-6	- -	-6... -7 -5... -6	-9... -10 -8... -9	15-17 13-15

Примечание. Знак «плюс» означает повышение, знак «минус» — понижение зимних температур в холмистом рельефе по сравнению с ровным местом и в горном рельефе по сравнению со склоном.

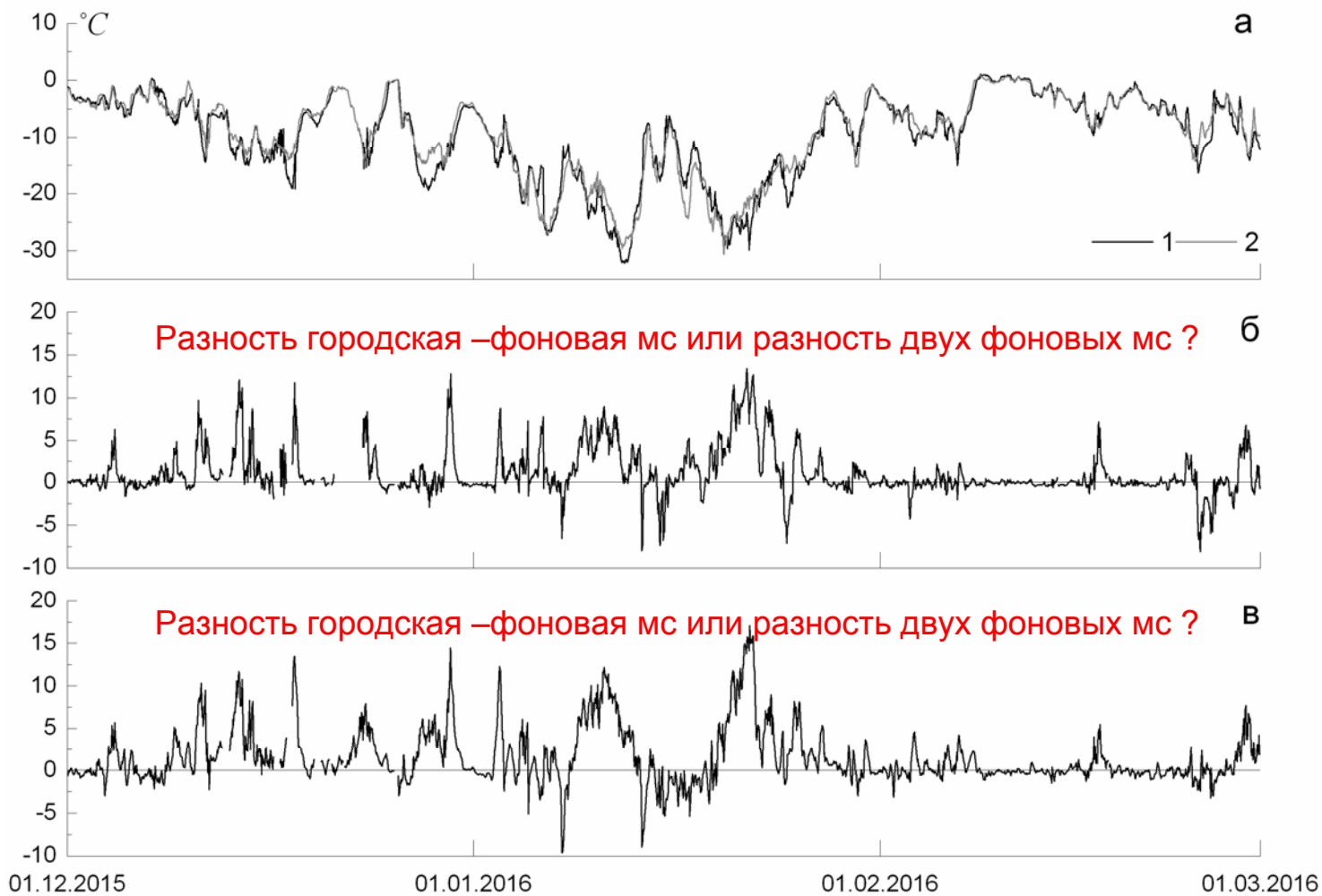
Это средние значения! В реальных условиях разность изменяется от 0 до $^{\circ}\text{C}$

...в условиях очень выровненного участка протяженностью около 500 м с перепадом высот около 20 м при благоприятных погодных условиях (ясная и штилевая погода) разность температур, обусловленная рельефом, во все сезоны превышали 5—6°C, достигая 9°C. //Каушила К. А. (1970). К вопросу о территориальном распределении и годовом ходе различий минимальной температуры воздуха, обусловленных рельефом // Труды ГГО. Вып. 264. С. 90—96.

Согласно исследованиям Покровской Т.В., в Ленинградской области наибольшие разности между холмом и низинами составляли 5.6°C при относительных превышениях 40 м //Микроклимат холмистого рельефа и его влияние на сельскохозяйственные культуры. Л.: Гидрометеиздат. 1962. 246 с

По данным Темниковой Н.С. на Видземской возвышенности в Латвии понижения температуры в долине по сравнению с вершиной холма иногда достигали 6°C при разности высот 16-25 м //Гольцберг И. А. Микроклимат СССР. – Л.: Гидрометеиздат. 1967. – 282 с.

Микроклиматические вариации температуры даже в слабохолмистом рельефе сопоставимы со значениями «островов тепла» крупнейших городов мира и даже превышают их



А это измерения температуры (а) в другой сезон: можно ли угадать, где разность (б, в) двух фоновых мс (верхняя часть холма и равнина), а где городской (верхняя часть холма) и фоновой (равнина)?

Распределение температуры в г. Апатиты и его окрестностях типично для холмистой местности.

Разность температуры между центром города и его пригородами во все сезоны не выходит из диапазона естественной микроклиматической изменчивости температуры воздуха в холмистой местности.

«Все это позволяет считать наблюдаемые термические различия между городом и метеостанцией «Апатитовая» примерно в равных долях обусловленными влиянием рельефа и антропогенного «острова тепла», средняя интенсивность которого составляет 1-1.5 °С, а максимальная – примерно 5 °С» // Варенцов М.И., Константинов П.И., Майлз М.

Анализ вклада антропогенного фактора в формирование «острова тепла» города Апатиты по данным дистанционного зондирования и регионального климатического моделирования

Сегодня и здесь в 10:50–11:10

Это существенная коррекция по сравнению с

«Апатиты (Мурманская обл.). ... его равнинное положение, которое исключает влияние инверсий на температурный режим городской территории» // П. И. Константинов*, М. Ю. Грищенко, М. И. Варенцов Картографирование островов тепла городов Заполярья по совмещенным данным полевых измерений и космических снимков на примере г. Апатиты (Мурманская область). Исследование Земли из космоса, 2015, № 3, с. 27–33

когда вся разность приписывалась антропогенному эффекту

Таблица 5.3

ИЗМЕНЕНИЕ ($^{\circ}\text{C}$) ЗИМНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА ($\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$, $\Delta T_{\text{в}}$) ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В ХОЛМИСТОМ И ГОРНОМ РЕЛЬЕФЕ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Номер района	Мезорайон по базисам эрозии (ΔH)	Параметр	Вершина, верхняя треть склона	Середина склона	Широкая долина	Замкнутая долина, котловина	Разность вершина — котловина
1	Слабовхолмленный рельеф ЕЧС ($\Delta H \leq 50$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	2 2	1 1	-2 -1... -2	-3... -4 -2... -3	5-6 4-5
2	То же в условиях континентального климата АЧС	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	2-3 >2	1-2 >1	-2 -2	-4 -3... -4	6-7 5-6
3	Холмистый рельеф ЕЧС и слабовыраженный рельеф АЧС ($\Delta H \approx 50... 150$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	3-4 2-3	>2 1-2	-2... -3 -2... -3	-4... -5 >4	7-9 6-7
4	Холмистый рельеф АЧС ($\Delta H \approx 50... 150$ м), низко- и среднегорный рельеф ЕЧС ($\Delta H \approx 150... 300$ м и более)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	4-5 3-4	2-3 >2	>-3 >-3	-5... -6 -4... -5	9-11 7-9
5	Низко- и среднегорный рельеф АЧС ($\Delta H \approx 150... 300$ м) и горы Кавказа ($\Delta H > 300$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	>5 4-5	- -	-3... -5 -3... -4	-6... -8 -5... -6	11-13 9-11
6	Горы Тянь-Шаня, Памира, Алтая и Саян ($\Delta H > 300$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	5-6 >5	- -	-5... -6 -4... -5	-8... -9 -6... -8	13-15 11-13
7	Горы Центральной и Восточной Якутии ($\Delta H > 300$ м)	$\Delta\bar{T}_{\text{мин}}$, $\Delta\bar{T}_{\text{х}}$, $\Delta T_{\text{п}}$ $\Delta T_{\text{в}}$	>6 5-6	- -	-6... -7 -5... -6	-9... -10 -8... -9	15-17 13-15

Примечание. Знак «плюс» означает повышение, знак «минус» — понижение зимних температур в холмистом рельефе по сравнению с ровным местом и в горном рельефе по сравнению со склоном.

За счет рельефа г. Апатиты должно быть в среднем теплее на 2°C , чем в пригороде

Средняя январская температура в Академгородке г. Апатиты за
2014—2017 гг.

на 1.7 °С теплее, чем на АМСГ «Апатиты»
и на 2.3 °С выше, чем на ГМС «Апатиты»

Если в Апатитах еще и антропогенный остров тепла со средним значением 1-
1.5 °С, то в сумме тогда должно быть
 $2^{\circ}\text{C}+(1-1.5^{\circ}\text{C})=3-3.5^{\circ}\text{C}$

Этого не наблюдается

«...холм, на котором расположен город, оказывается значительно теплее других территорий, расположенных на тех же высотах» // Варенцов М.И и др. Анализ вклада антропогенного фактора в формирование «острова тепла» города Апатиты по данным дистанционного зондирования и регионального климатического моделирования

???

У нас иное заключение по Апатитам и...

мы проводим сравнения температуры в точках со схожим микроклиматом, а не на одной высоте

Остров тепла в Апатитах проявляются в зимних температурах и в ночных летних, т.е., в рядах минимальной температуры (самая чувствительная к микроклимата характеристика температуры воздуха)

Летом на слабовсхолмленных равнинах с базисом эрозии не более 50 м отклонения минимальной температуры от фонового значения обусловлено особенностями подстилающей поверхности, а также формой рельефа. Причем роль последней в формировании среднего минимума на слабовсхолмленной равнине невелика.

Зимой, когда неоднородности подстилающей поверхности сглажены из-за снежного покрова, отклонения в большей степени определяют условия перераспределения холодного воздуха

//Гольцберг И. А. Микроклимат СССР. – Л.: Гидрометеиздат. 1967. – 282 с.

Высота не упоминается

Почему не упоминается высота?

МИКРОКЛИМАТ
СССР

Под редакцией
д-ра геогр. наук
Н. А. ГОЛЫБЕРГ



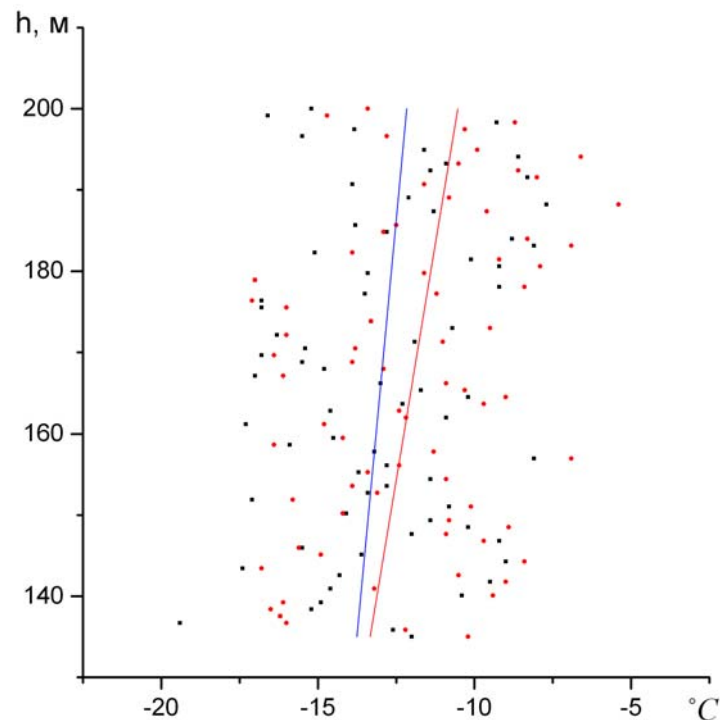
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1967

ГЛАВА XI

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СССР ПО ОСНОВНЫМ ФАКТОРАМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА

Выделение холмистого рельефа по признаку глубин базисов эрозии в пределах 50—150 м оказалось возможным потому, что в пределах относительных высот до 100—150 м влияние высотного градиента обычно перекрывается микроклиматическими особенностями. Днем при наличии ветра в результате хорошего турбулентного перемешивания термический режим в пределах этих высот сглаживается, ночью инверсионное распределение температуры охватывает примерно этот же слой.

Влияние высотного градиента на термический режим обычно четко проявляется только при разностях высот, превышающих 200—250 м.



Такое построение некорректно из самого определения холмистого рельефа в климатологии

В климатологии ...слабовсхолмленный и холмистый рельеф характеризуется относительными разностями высот между верхней и нижней точкой не более 50-150 м. В этих условиях влияние высоты полностью перекрывается формами рельефа.

Ведущими факторами являются условия радиационного выхолаживания ночью, сопровождающегося склоновыми ветрами, посредством которых осуществляется приток и сток холодного воздуха по элементам рельефа, и площадь воздухосбора.

// Мищенко З.А. Биоклимат дня и ночи. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 360 с.



Ситуация с Апатитами не уникальная – практически во всех городах присутствуют небольшие вариации рельефа, которыми нельзя пренебрегать



Обское «море» (река Обь во время разлива)

Подъем уровня Оби в районе г. Нижневартовска выше 10 м
в районе г. Сургута 9,5 м
у пгт. Октябрьского свыше 11 м,
у г. Салехарда 7,0 м

Города на Сибирской низменности, чтобы не быть затопленными во время паводка в условиях очень выровненного рельефа размещаются на приподнятых участках.

Кроме того, возвышенные участки упрощают строительство городов в болотистой местности

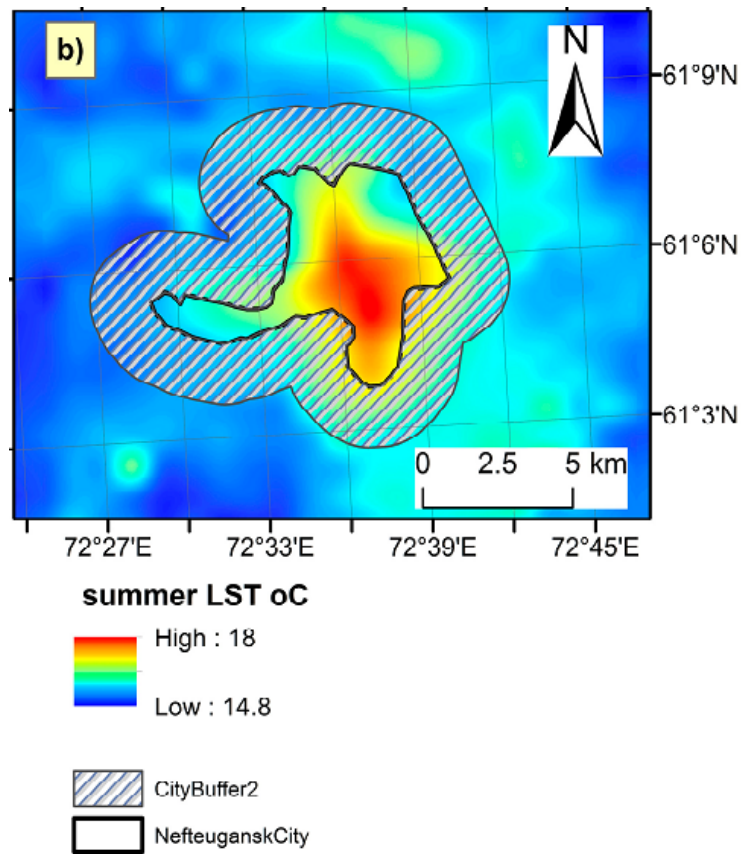




Нефтеюганск



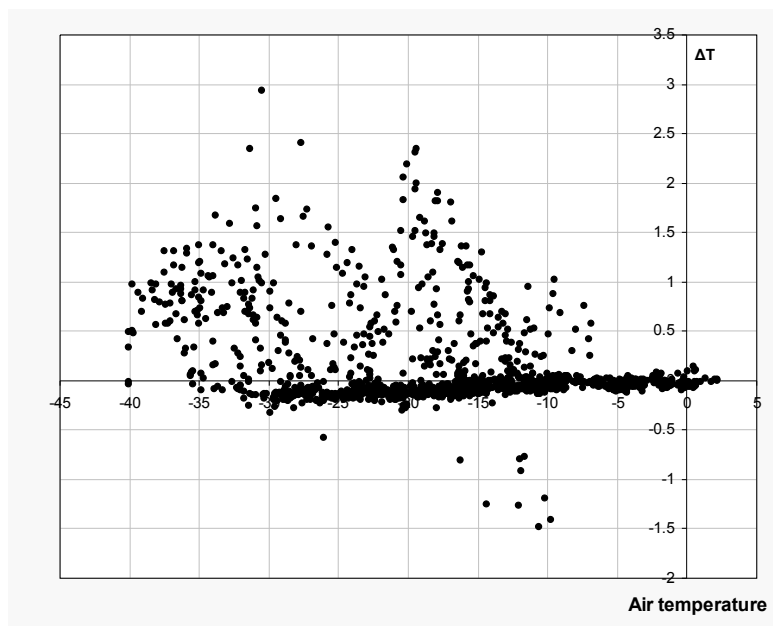
Нефтеюганск во время половодья



[Victoria Miles and Igor Esau. Seasonal and Spatial Characteristics of Urban Heat Islands (UHIs) in Northern West Siberian Cities // Remote Sens. 2017, 9, 989]

Остров тепла (land surface temperature (LST) в г. Нефтеюганске

А разве только рельеф, ответственен за формирование микроклиматических различий?



Разность температуры зимой (декабрь-январь) между двумя мс, установленными на болотном полигоне «Мухрино», Ханты-Мансийский АО)

Разность высот менее 2 м, расстояние между мс ~ 100 м

В периоды с сильными морозами наглядно проявляются неоднородности горизонтального распределения температуры

К вопросу использования ИК-изображений со спутников для изучения городских островов тепла

Плюсы:

1. Одновременный охват большой территории
2. Доступность через сеть интернет (*не надо ездить в командировки для полевых измерений – нам и отсюда все хорошо видно*)

Если опять же про Апатиты....

*В результате анализа полей температур выявлен интенсивный
(до 3.2°C)
остров тепла, рассчитанный через температуру подстилающей
поверхности*

//Константинов П.И., Грищенко М.Ю., Варенцов М.И. Картографирование островов тепла городов Заполярья по Совмещенным данным полевых измерений и космических снимков на примере г. Апатиты (Мурманская Область) // Исследования Земли из космоса. 2015. № 3. С. 27–33.

Surface Urban Heat Island Across 419 Global Big Cities

Shushi Peng,[†] Shilong Piao,^{*,†,‡} Philippe Ciais,[§] Pierre Friedlingstein,^{||} Catherine Ottle,[§]
François-Marie Bréon,[§] Huijuan Nan,[†] Liming Zhou,[#] and Ranga B. Myneni[⊥]

Table 1. Annual, Summer, and Winter Daytime and Nighttime Surface Urban Heat Island Intensity (SUHII, °C, Mean ± SD) across Six Continents (Africa, Asia, Europe, North America, South America, Oceania) Continents and the World^a

	Africa	Asia	Europe	North America	South America	Oceania	World
N	47	209	56	37	65	5	419
annual daytime SUHII (°C)	0.9 ± 1.1	1.2 ± 1.0	2.0 ± 0.9	2.3 ± 1.6	2.4 ± 1.0	1.5 ± 0.7	1.5 ± 1.2
annual nighttime SUHII (°C)	0.9 ± 0.5	1.1 ± 0.5	0.8 ± 0.4	0.9 ± 0.7	1.1 ± 0.5	1.0 ± 0.4	1.1 ± 0.5
summer daytime SUHII (°C)	1.0 ± 1.3	1.5 ± 1.3	2.1 ± 1.5	2.5 ± 1.6	3.0 ± 1.4	2.3 ± 1.2	1.9 ± 1.5
summer nighttime SUHII (°C)	0.7 ± 0.5	1.0 ± 0.5	1.0 ± 0.4	1.0 ± 0.7	1.3 ± 0.4	1.3 ± 0.4	1.0 ± 0.5
winter daytime SUHII (°C)	0.8 ± 1.2	0.9 ± 1.0	1.7 ± 0.4	2.2 ± 1.8	1.7 ± 1.1	0.8 ± 0.5	1.1 ± 1.2
winter nighttime SUHII (°C)	1.1 ± 0.5	1.2 ± 0.7	0.4 ± 0.4	0.9 ± 0.8	0.9 ± 0.7	0.8 ± 0.4	1.0 ± 0.7

^aN is the number of big cities in each continent and the world included in the study.



На этой территории ГОТ на порядок превышает среднее значение ГОТ, рассчитанное по 56 крупнейшим городам Европы?

Но можем ли избежать искажающей роли микроклимата при данном методе исследования?

Когда в наибольшей степени проявляются микроклиматические различия?

1. Ясное небо (радиационное выхолаживание и перераспределение холодного воздуха по элементам рельефа)
2. Отсутствие ветра (сглаживает микроклиматические неоднородности)

Главное требование к ИК-снимкам местности:

полное отсутствие облачности всех ярусов, дымки, тумана.

Т.е. снимки в те моменты времени, когда ничто не препятствует радиационному выхолаживаю!

Кроме того, качественные контрастные снимки получаются при отсутствии ветра, сглаживающего термические неоднородности отдельных

Условия идентичны!

Разнести уверенно эти два процесса мы не можем

При изучении городских островов тепла по ИК-снимкам основное внимание уделяется неоднородностям, создаваемым промышленными и жилыми зонами, районами с различной плотностью застройки и озеленения, лесопарками, водными объектами.

Этого недостаточно!

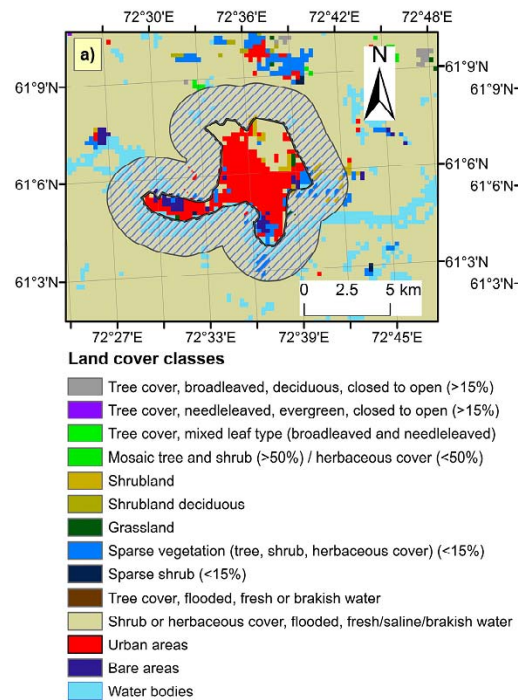
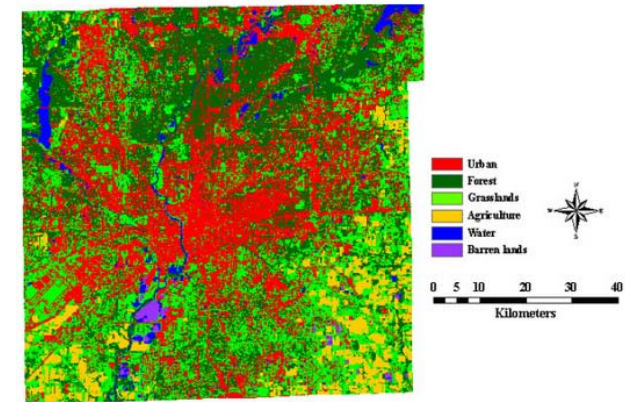
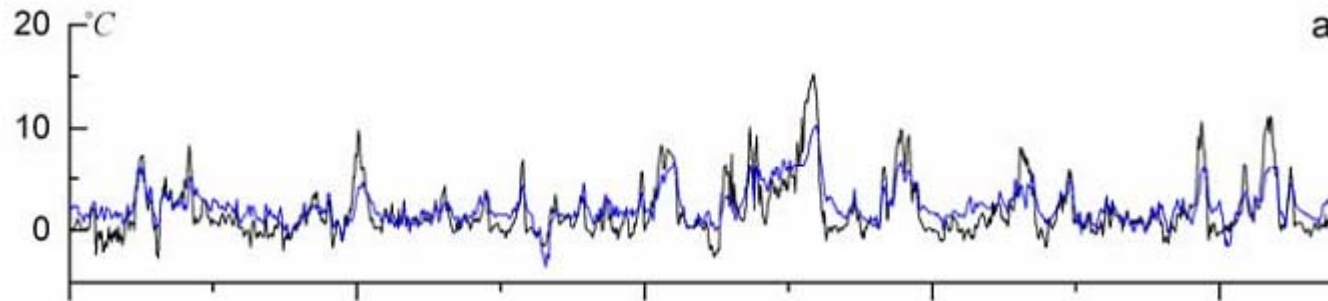


Рис. 2. Шаблоны границ лесопарков и поверхности открытой воды в Москве, созданные авторами для анализа спутниковых снимков (сплошной тёмной линией показаны традиционные (до 2011 г.) границы Москвы)



Вспоминаем курс климатологии:
температура подстилающей поверхности является очень чувствительным к микроклимату параметром

Добавим:
и температура искусственных городских поверхностей (стены зданий, крыши, дорожные покрытия и т. д.) являются параметрами, чувствительными к микроклимату, в т. ч. и потому, что зависят от температуры воздуха.



Тепловое излучение искусственных городских поверхностей, которое используется для оценки величины ГОТ по результатам ИК-съемки, содержит в себе информацию не только об интенсивности антропогенных источников тепла, на том или ином участке, но и особенностях окружающего микроклимата.

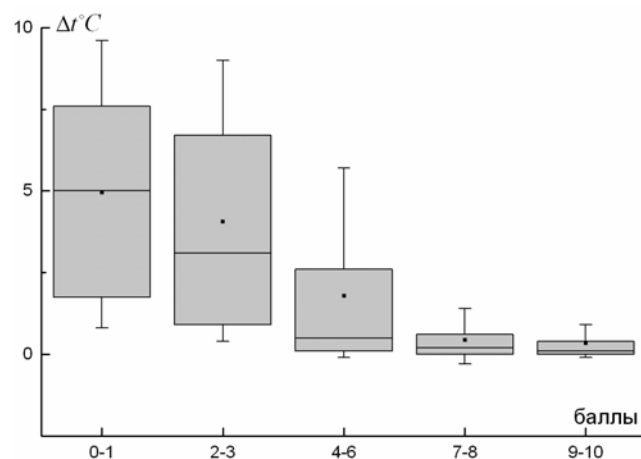
Используемые для анализа пространственного распределения температуры в городе космические снимки оказываются полученными в тех же погодных условиях, когда в наибольшей степени проявляются микроклиматические неоднородности изучаемой территории

Естественные и антропогенные аномалии поверхностной температуры накладываются друг на друга, усиливая или ослабляя ГОТ.

Более того

Если при «классических» метеорологических измерениях, интенсивность острова тепла рассчитывается как среднее по всей длине ряда (находят и максимум в этом ряду), то при оценках по ИК-изображениям в силу технических особенностей отбираются только эпизоды, когда наиболее выражены микроклиматические различия

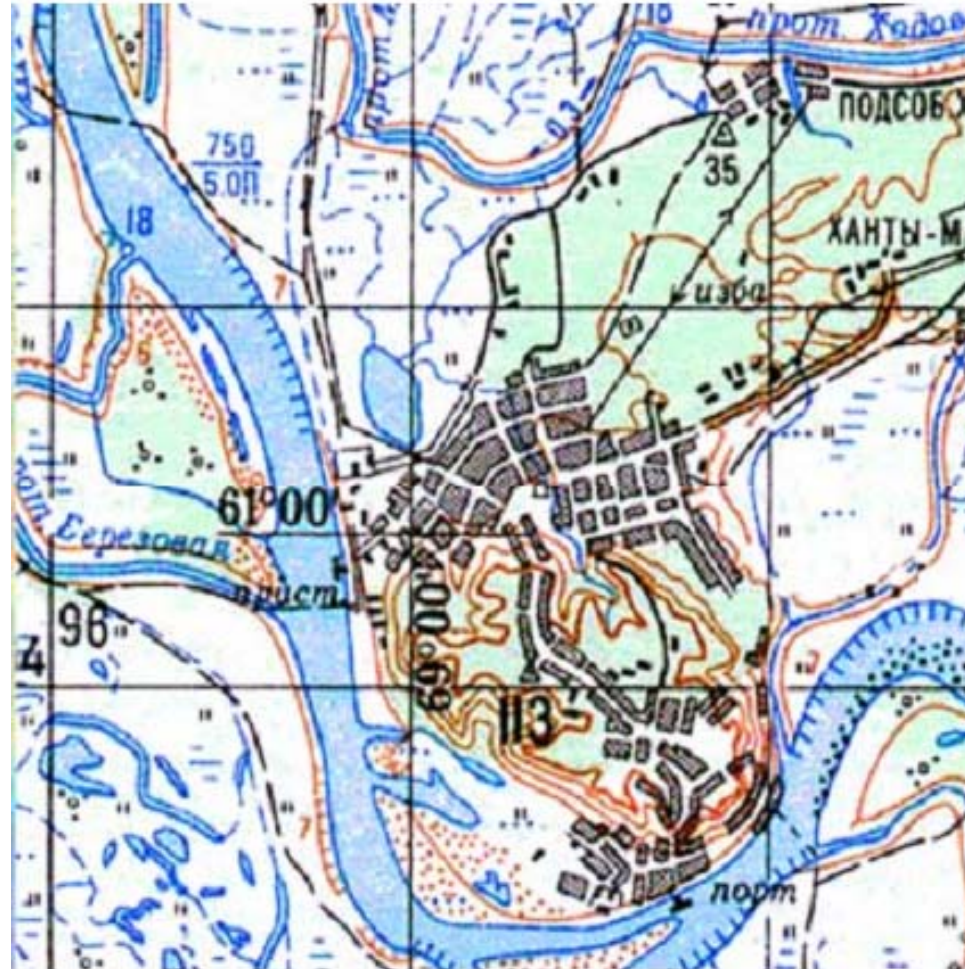
Острова тепла по ИК-снимкам должны быть завышенными



Разность температур между «Академгородком» («Апатиты») и ГМС «Апатиты»
в зависимости от балла общей облачности



Ханты-Мансийск во время паводка



город Ханты-Мансийск

холм с перепадом высот от 18 до 113 м

Заранее предсказуемо, где будет обнаружен интенсивный остров тепла

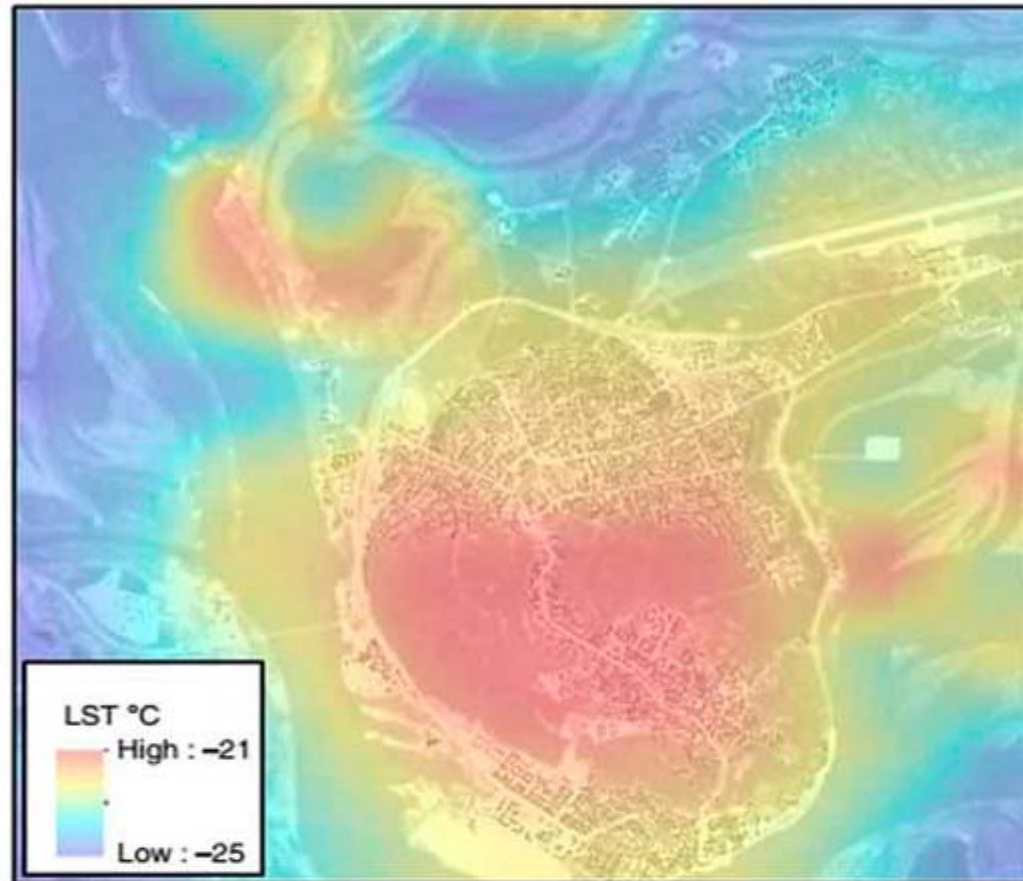


Figure 2 | Satellite observation of the urban heat island effect. The urban heat island effect, as seen in 15-year climatological mean winter-time land surface temperatures (LST) over Khanty-Mansiysk, Russia, from MODIS observations. Courtesy V. Miles, NERSC.

[Davy R., Esau I. Differences in the efficacy of climate forcings explained by variations in atmospheric boundary layer depth // Nature Communication. 2016. Vol. 7. P. 11690.]

**В условиях неоднородной
подстилающей поверхности и сложного рельефа
(включая даже слабовсхолмленные участки) ИК-картирование
городских территорий, по всей видимости, **не является достаточным**
для оценки масштаба антропогенного воздействия на тепловой
режим воздуха в городе.**

**Оно должно обязательно сопровождаться дополнительными
микrokлиматическими изысканиями, а обнаруженные в городе
аномалии должны соотноситься с соответствующими аномалиями в
схожих по ландшафту фоновых условиях.**

К вопросу о математическом моделировании городских «островов тепла»

В моделях задается антропогенный поток тепла

Один из источников – потребление городом тепловой энергии

Расход тепла в отопительной сети Q в зависимости от температуры наружного воздуха t :

$$Q = Q_p^t \frac{t_n - t}{t_n - t_p}$$

где t_p – расчетная температура наружного воздуха, t_n – температура воздуха в отапливаемых помещениях, Q_p – расчетная тепловая нагрузка ТЭЦ соответствующая расчетной температуре t_p .

Потребление городом тепла пропорционально температуре воздуха

Интенсивность «острова тепла» $\Delta t^{\text{антропогенная}} \sim Q$ или $\sim t$

Вспоминаем курс «Синоптической метеорологии»

За счет чего возникают низкие температуры?

Вторжение арктической воздушной массы,

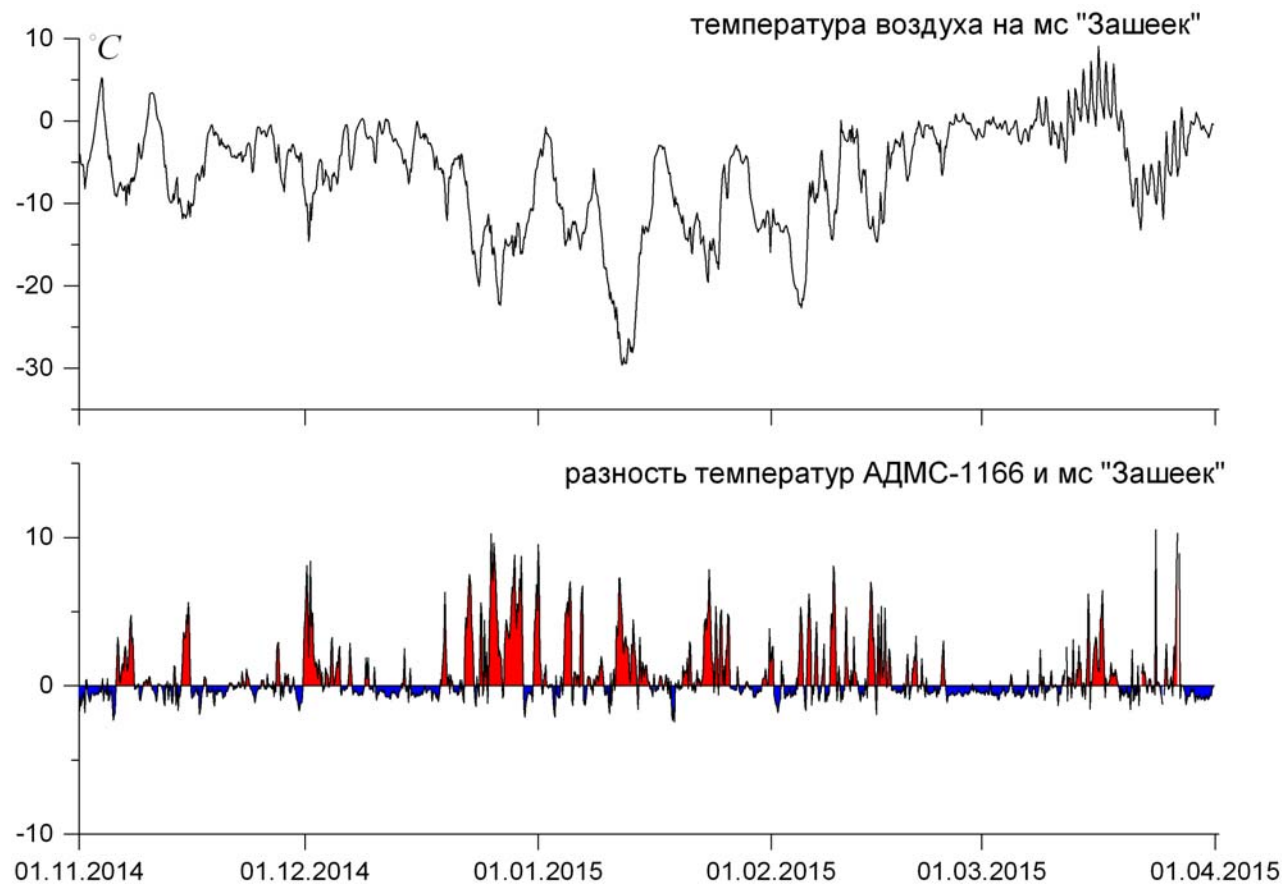
ее стационарирование над данным регионом (антициклон)

и последующее радиационное выхолаживание при ясной и тихой погоде

РАДИАЦИОННОЕ ВЫХОЛАЖИВАНИЕ

Но радиационное выхолаживание и запускает механизмы, ответственные за возникновение микроклиматических различий

Следовательно, разность температуры между городом в верхней части холма и окружающей равниной будет тем больше, чем ниже температура воздуха t



Две фоновые мс, расположенные фактически в пределах прямой видимости (~15 км), одна из которых в верхней части холма (АДМС-1166), а вторая на равнине (мс «Зашеек»)

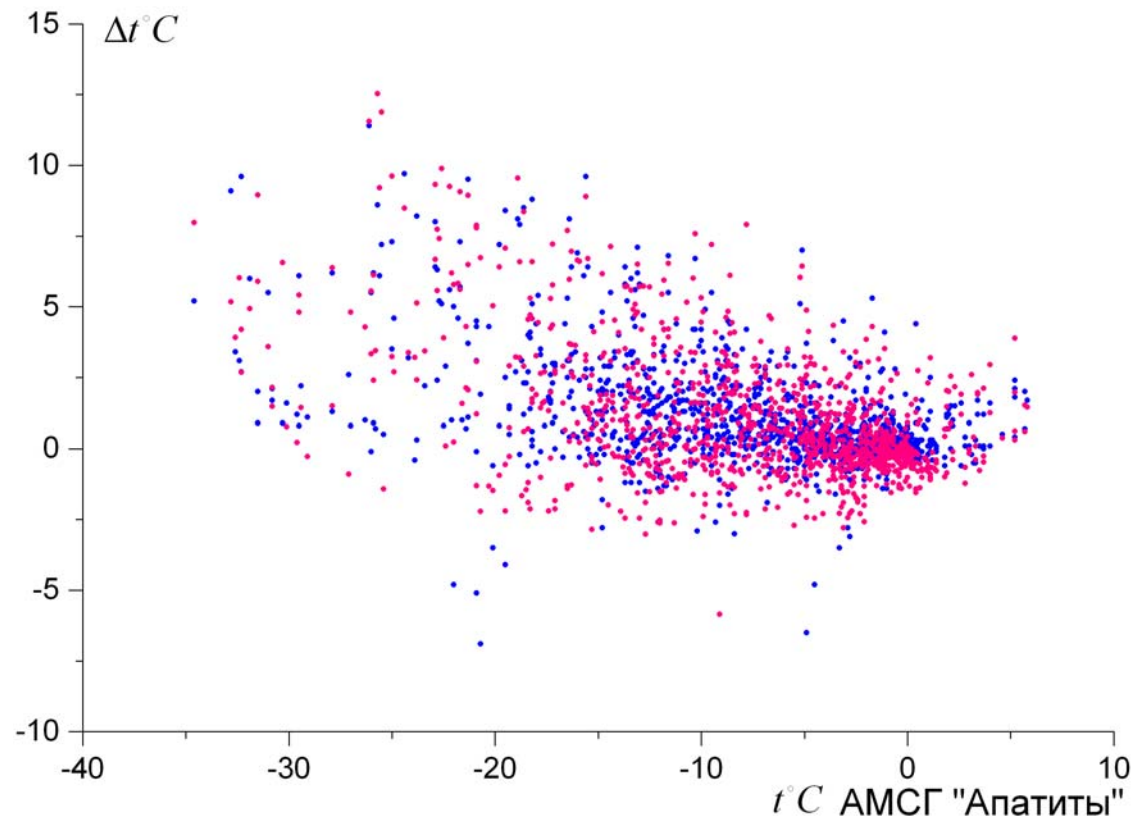
$$\Delta t_{\text{фактическая}} = \Delta t_{\text{антропогенная}} + \Delta t_{\text{микроклимат}}$$

Теперь мы сопоставляем $\Delta t_{\text{антропогенная}}$, рассчитанное моделью с учетом теплопотребления города Q , которое $\sim t$

и фактически зарегистрированное

$\Delta t_{\text{фактическая}}$, которое также $\sim t$

Мы радуемся хорошему совпадению модельной величины «острова тепла» и фактически наблюдаемой разницы, хотя фактически сравниваем 2 параметра, которые зависят от одного третьего параметра – температуры воздуха t



Здесь зависимость разности температур между городской мс и фоновой АГМС «Апатиты» и разность фоновых АДМС-1166 и АМСГ «Апатиты» в зависимости от температуры на АМСГ

Символы на рис. не указаны намеренно

Можно угадать,

где на рис. подогретая антропогенным теплом городская мс?

Наши результаты – не отрицание существования городского острова тепла в Апатитах!

Мы говорим лишь о его небольшой величине:

из-за небольших размеров города антропогенное воздействие на тепловой режим приземного слоя воздуха слабое и перекрывается естественными микроклиматическими вариациями

Заключение

**Если городской остров тепла – явление антропогенное,
то его оценка должна проводиться с исключением
микроклиматических вариаций местности,**

**так как этим возникающие за счет микроклимата разности
температур превышают характерные значения островов тепла
крупнейших мегаполисов мира.**

**Без учета микроклимата расчет городского острова тепла будет
искаженным вплоть до того, что за него может быть выдано совсем
другое явление.**