

Современные подходы к исследованию погоды, климата и условий термического комфорта для населения внутри городских агломераций. Первые результаты



Константинов П.И. к.г.н.

Варенцов М.И. к.г.н.

Таттимбетова Д.С.

Географический факультет МГУ

имени М.В.Ломоносова,

Часть 1

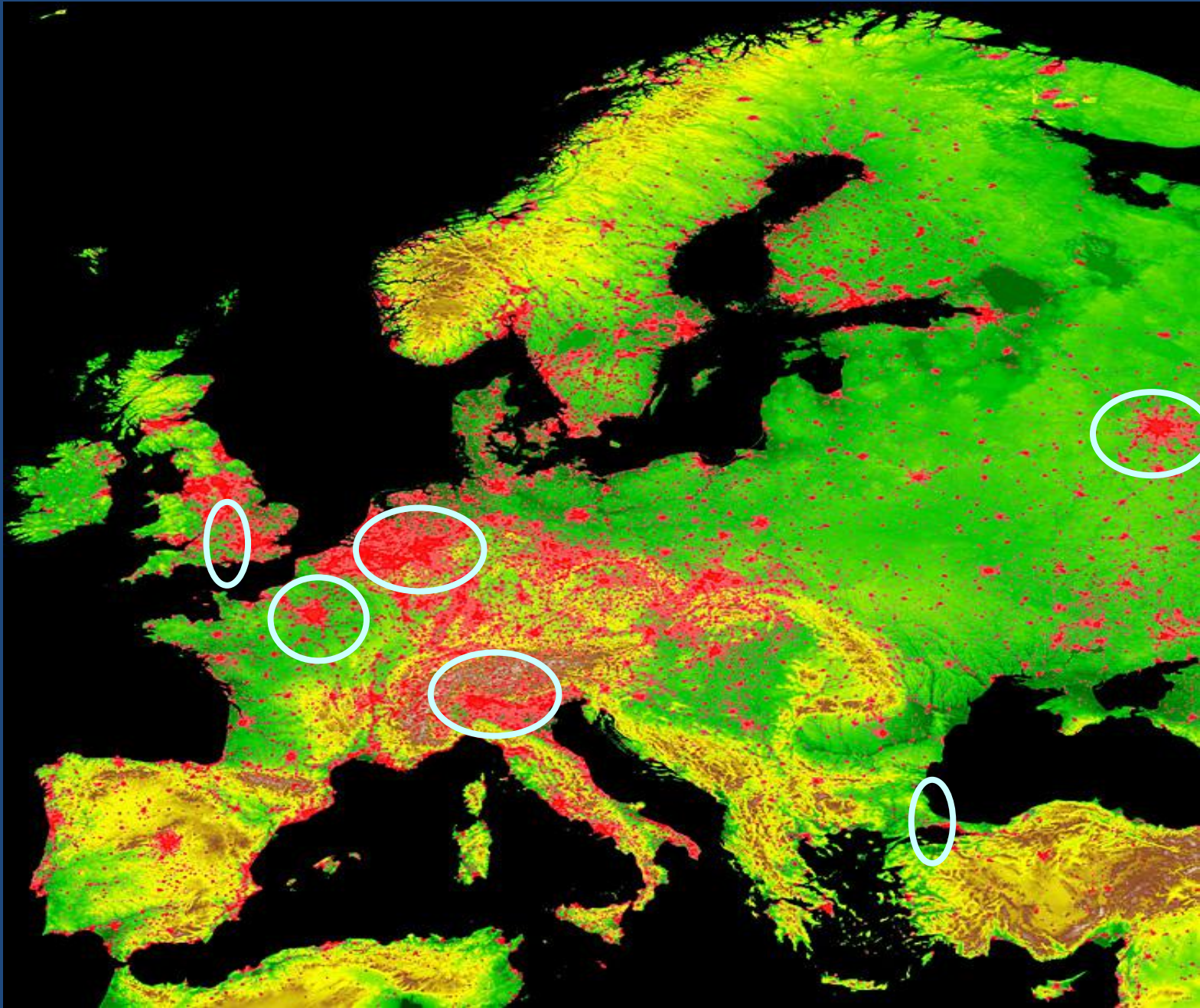
**Почему климат городов
надо изучать отдельно?**

«.....во-первых, это красиво....»(с)

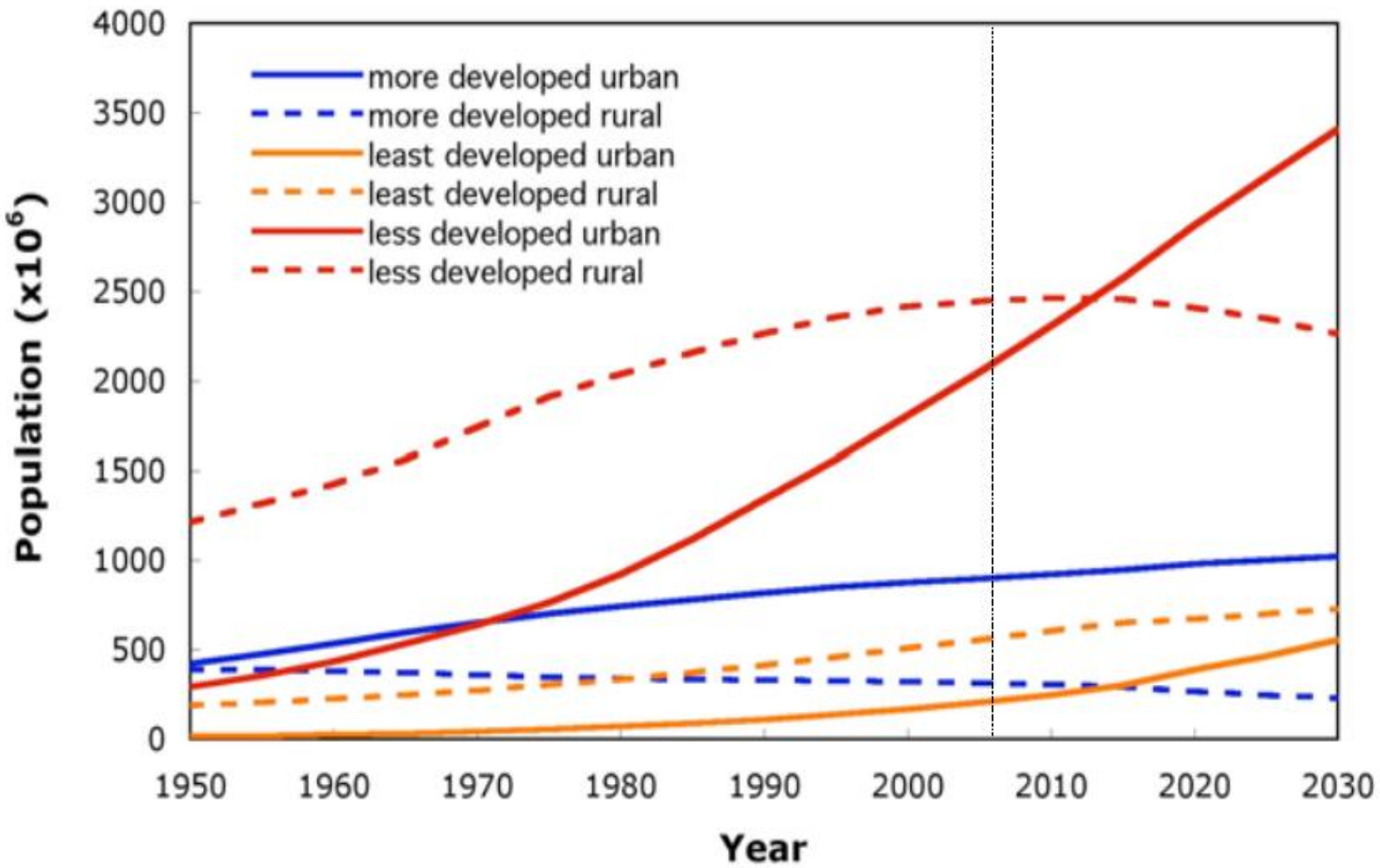


Panama-city beach,
Florida

European population distribution



Городское и сельское население мира 1950-2030



(Source: UN, World Urbanization Prospects 2005)

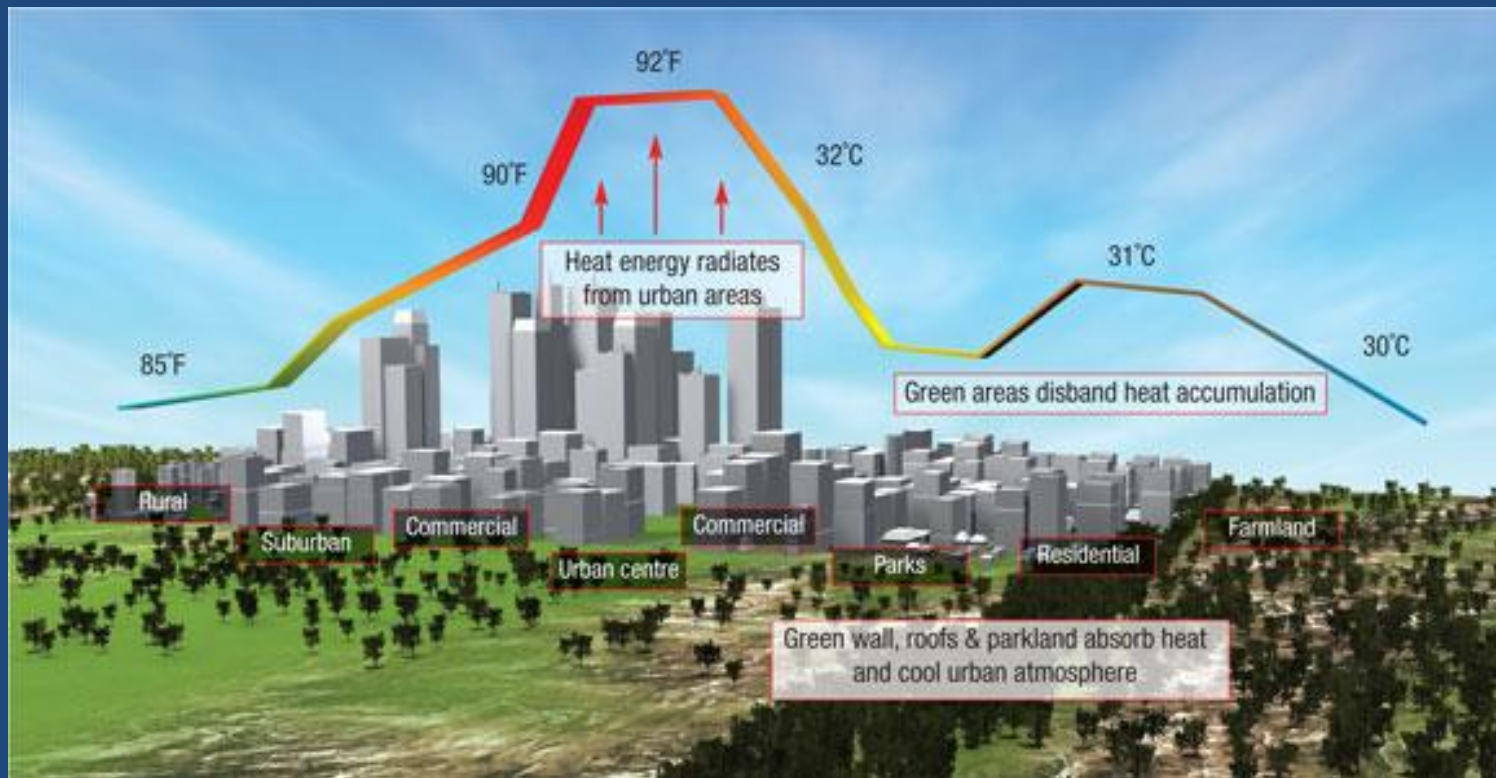
Основа наших знаний о климате – данные метеорологических станций



Плотность метеостанций в мире



ГОРОДСКОЙ ОСТРОВ ТЕПЛА



Picture taken from <http://www.monument-info-search.co.uk>

Как он возникает?

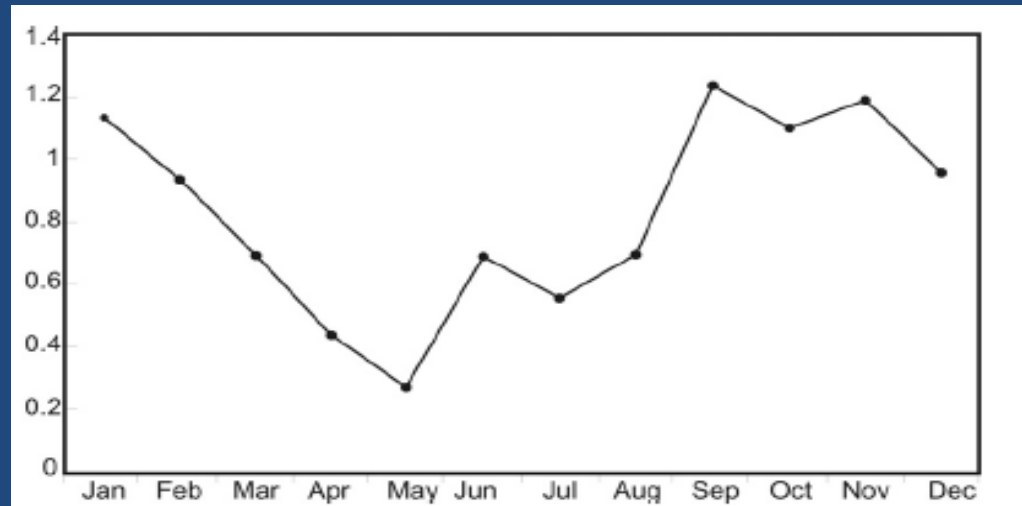


История

Luke Howard and The Climate of London



Luke Howard
(1772-1864)



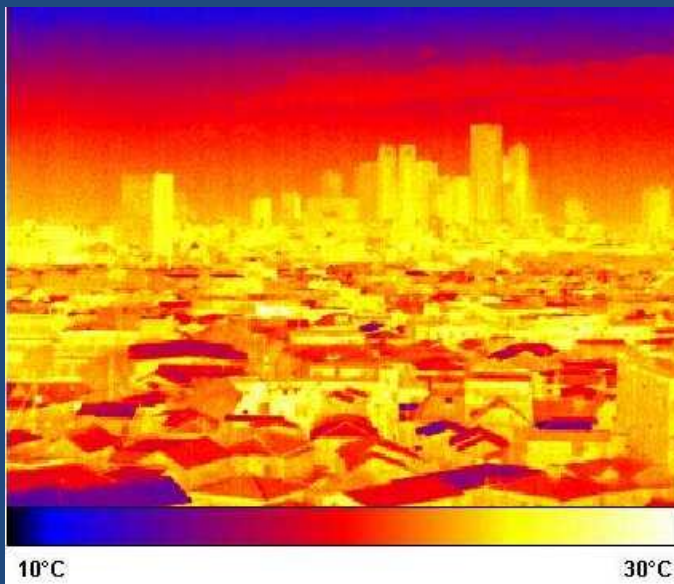
Измерения и изучение городского острова тепла (UHI)

Метеорологическая вышка в Гетеборге, Швеция

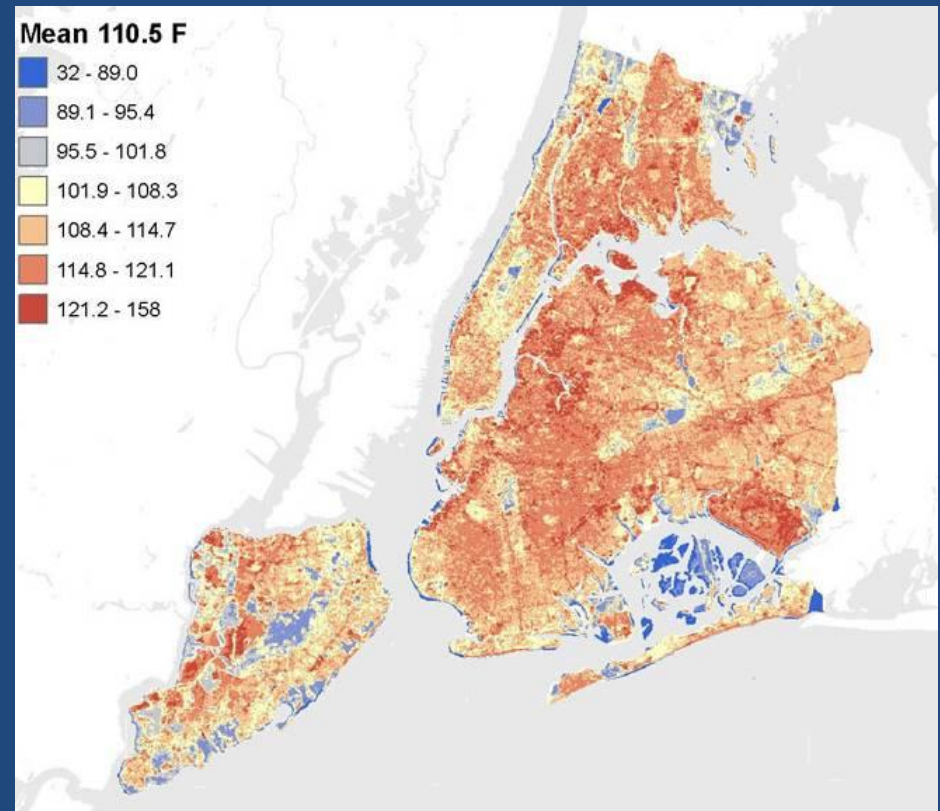


Measurements in city street
(urban canyon in Goteborg,
Sweden).

Here are two different perspectives on the surface temperature in the urban environment.



Ground view surface temperature, Tokyo



Satellite view surface temperature, New York
(source: <http://www.jeffsweather.com/>)

Городской остров тепла в Мехико, Мексика

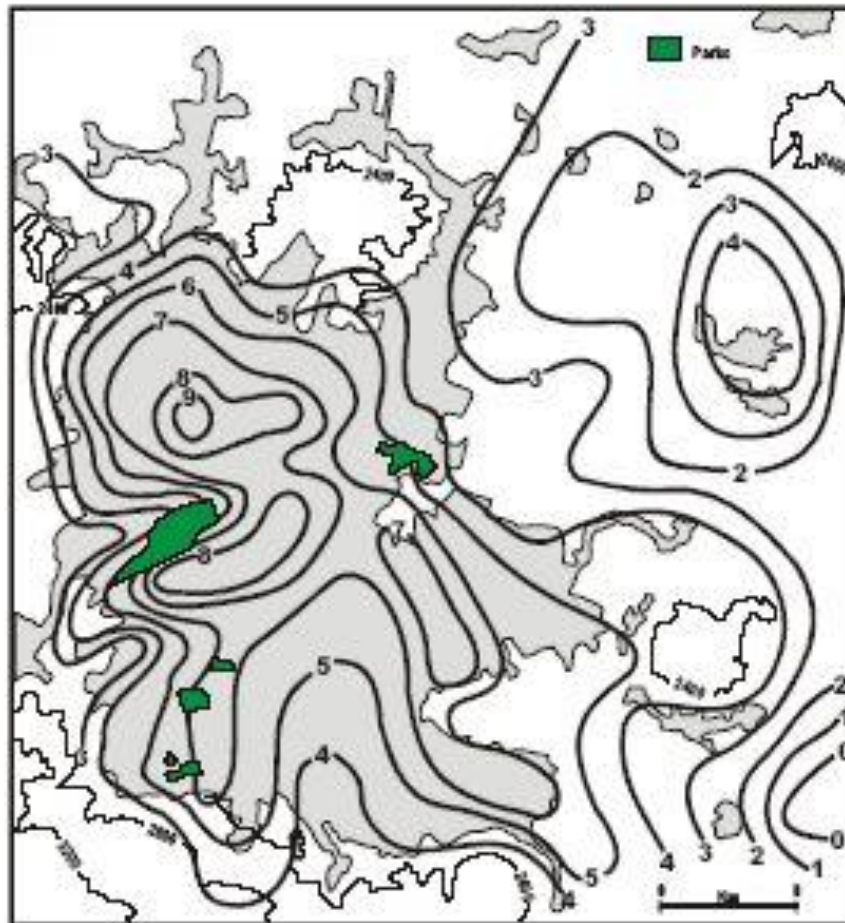
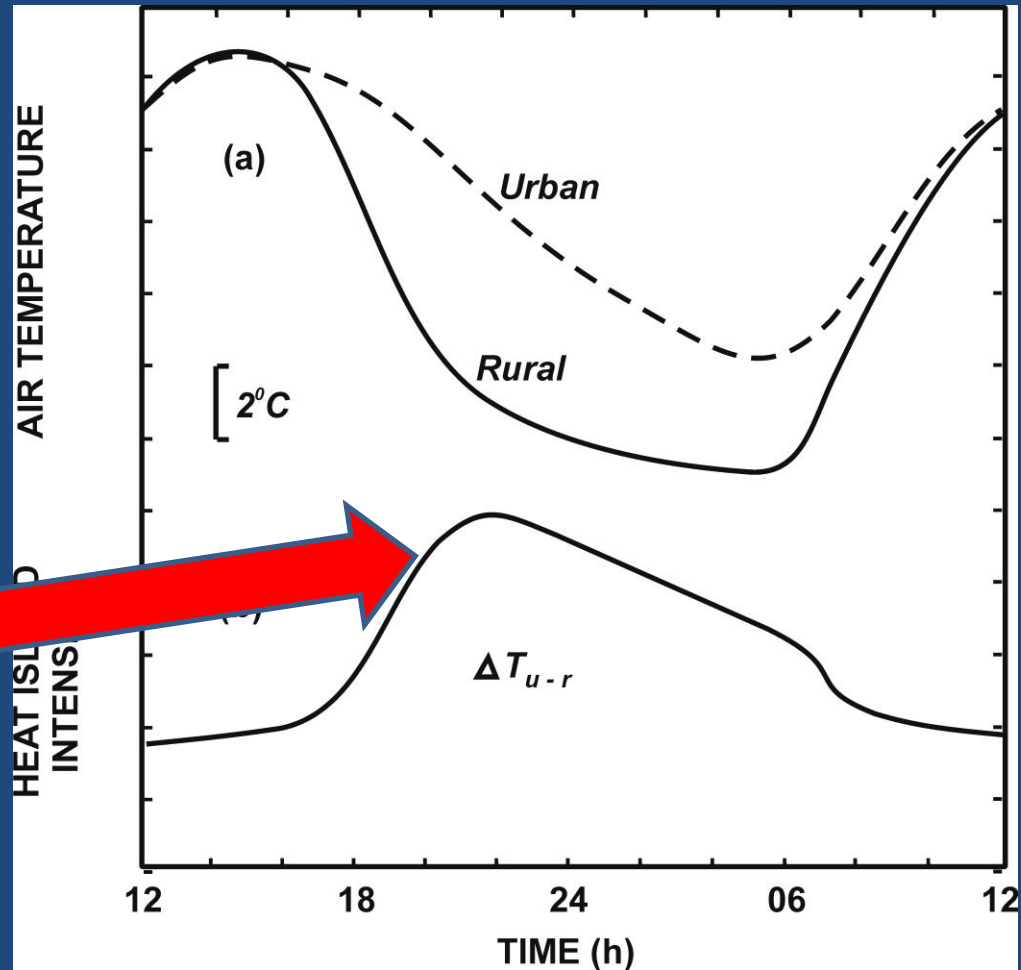


Figure 2: Mean minimum temperature for November 1981 in Mexico City. Redrawn from [4].

Суточный ход Городского Острова Тепла

Наибольшего
развития
явление
достигает в
вечерние
часы



ДИНАМИКА ОСТРОВА ТЕПЛА

Остров тепла Москвы

Автор ролика: М.И.Варенцов



Extreme wind prediction problem



The INDEPENDENT

NEWS | VOICES | SPORT | TECH | LIFE | PROPERTY | ARTS & ENTS | TR

UK | World | Business | People | Science | Environment | Media | Technology

News

Hurricane kills six in Moscow

PHIL REEVES IN MOSCOW | MONDAY 22 JUNE 1998

Share Tweet g+ Share in Share Reddit

Top stories

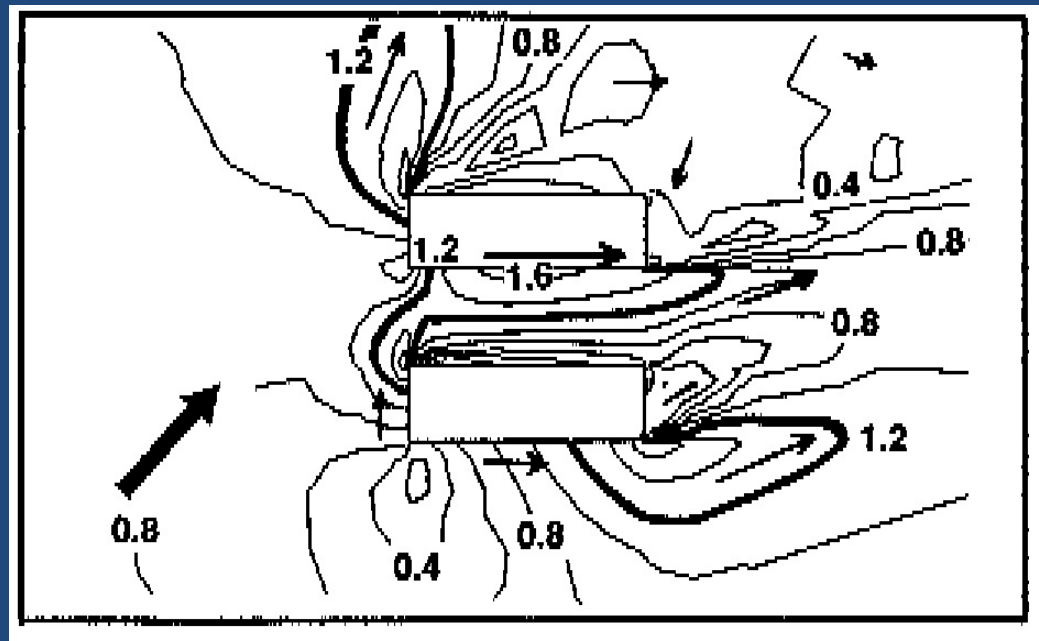
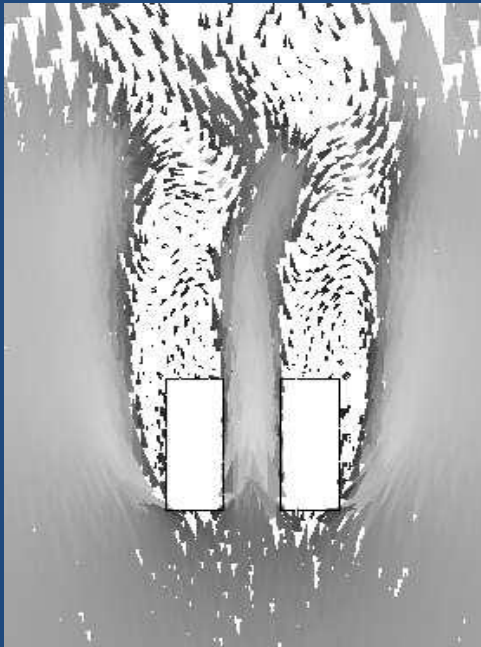
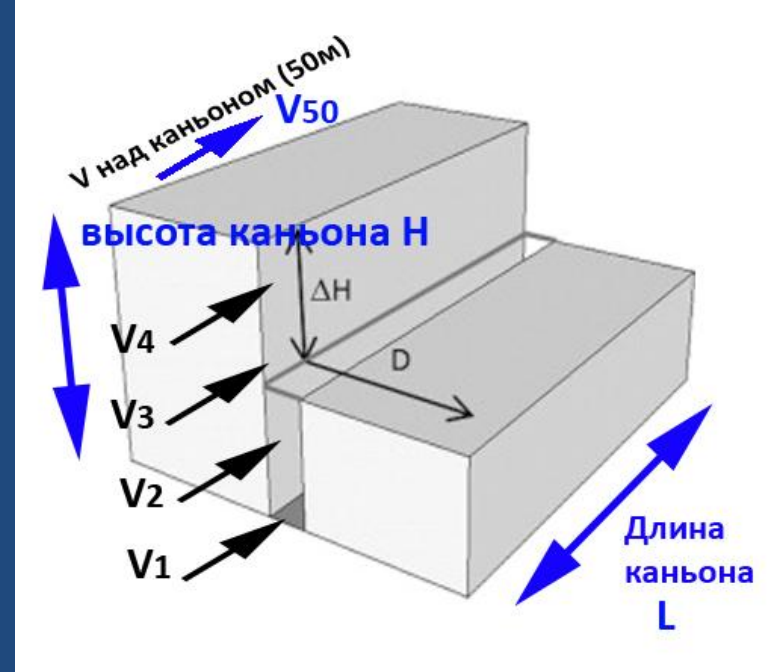
Outrage as man walks free after

AT LEAST six people died during a sudden violent storm on Saturday night in Moscow which tore down trees, bent advertising billboards in half, damaged the roof of the



Moscow, 22 june 1998

- На высоте $0.5H$ (H – высота зданий), создаются два потока, похожих на потоки при обтекании единичного здания. Третий - поток между зданиями, значительно больше фонового ветра на той же высоте.
- При втекании потока под углом 45° из-за дополнительного усиления ветра на углах зданий скорости больше, чем при обтекании единичного препятствия

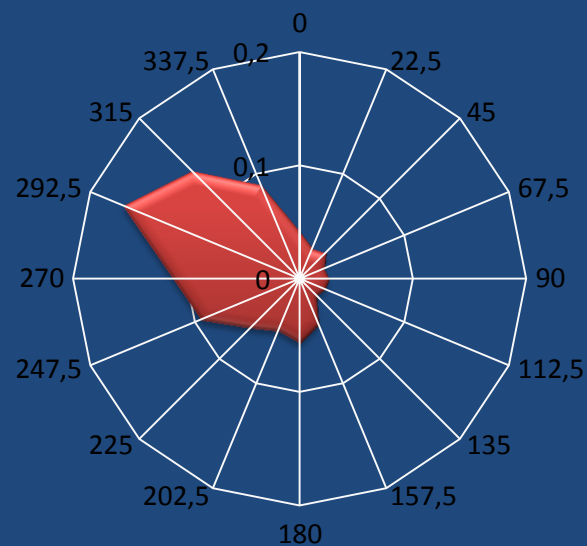


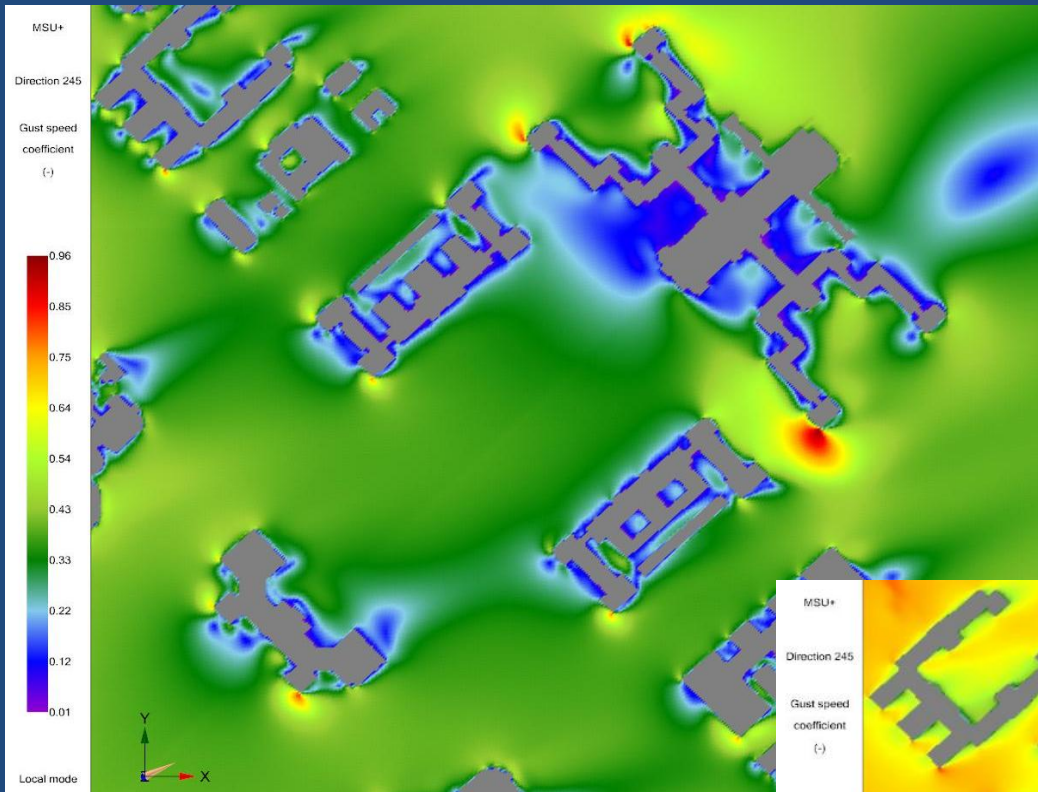


МО МГУ Лето

Разность между направлением каньона и направлением ветра (°)

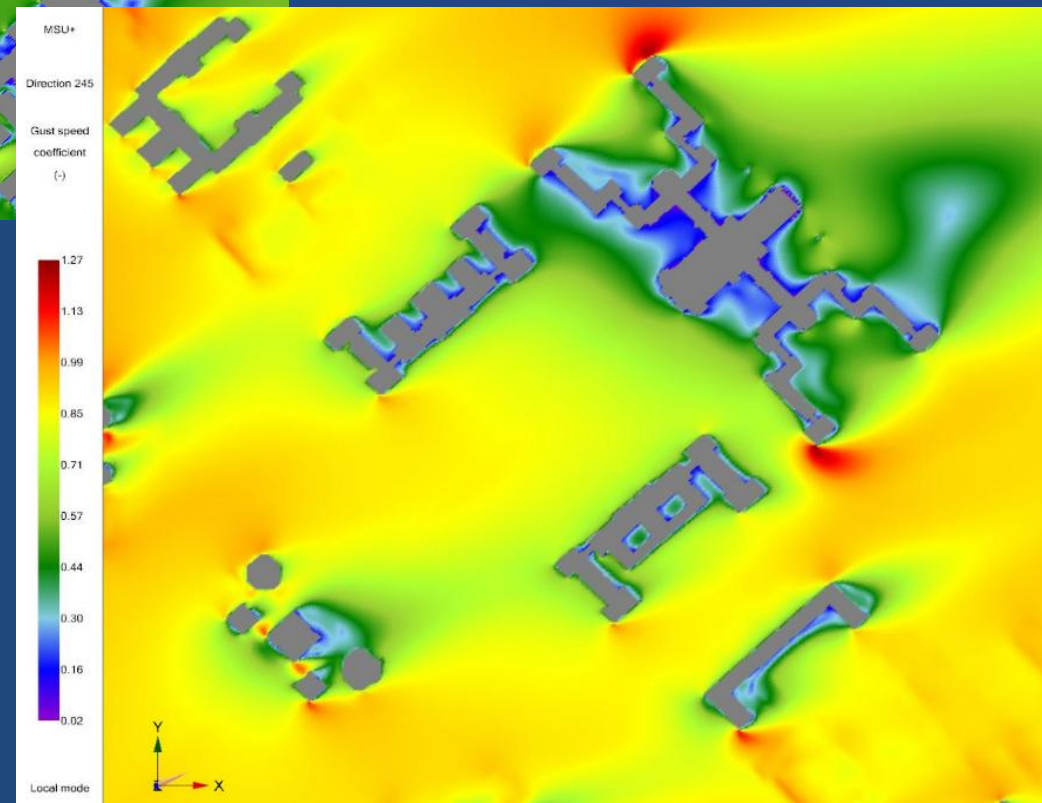
Разность	± 5	± 27.5	± 50	± 72.5	>± 72.5
Скорость ветра (м/с)	25	20	15	10	5





Моделирование усиления ветра
С помощью Urbawind
на ребрах ГЗ МГУ при
Направлении ветра 245 градусов

Варенцов А.И.
Константинов П.И.
Варенцов М.И.



Отклик городского климата на гипотетические сценарии развития Московской агломерации



Сценарии экстенсивного развития

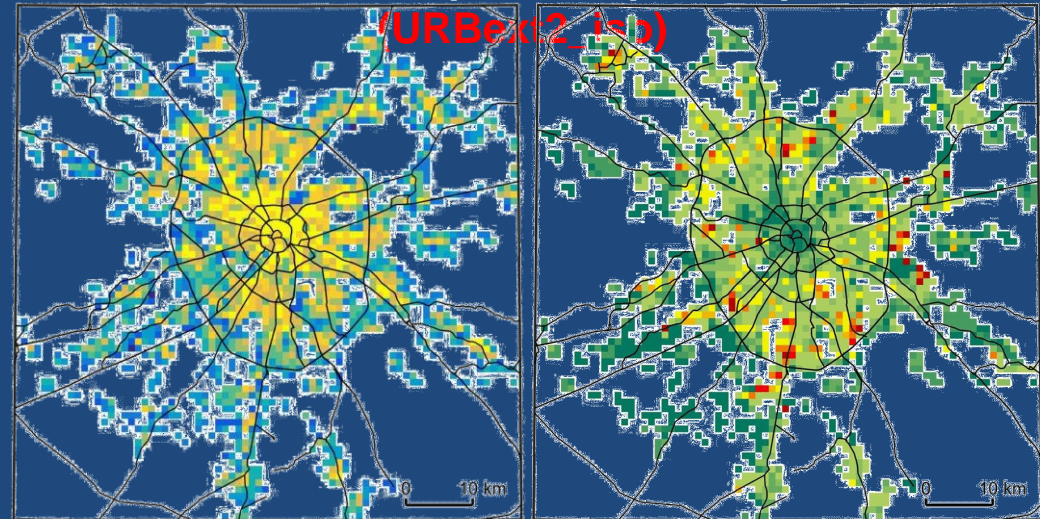
Условно-изотропный рост города

Рассматривается удвоение условной численности населения города:

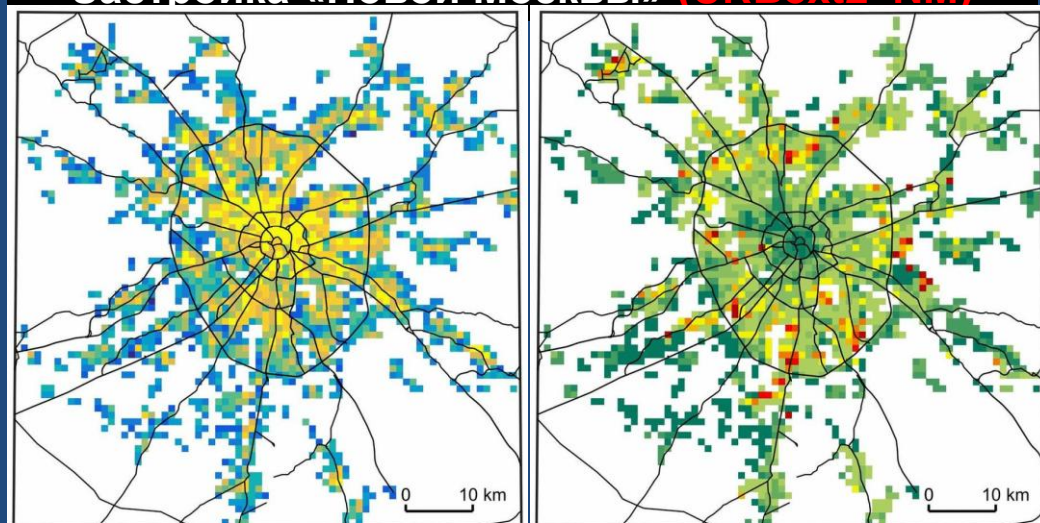
$$P = 2 \cdot P_0$$

при допущении, что P пропорциональна сумме произведений высоты зданий на их площадь

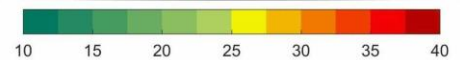
(или удвоение суммарного антропогенного потока тепла от агломерации)



Застройка «Новой Москвы» (URBext2 NM)



Доля урбанизированной территории, %



Высота зданий, м

Сценарии интенсивного развития

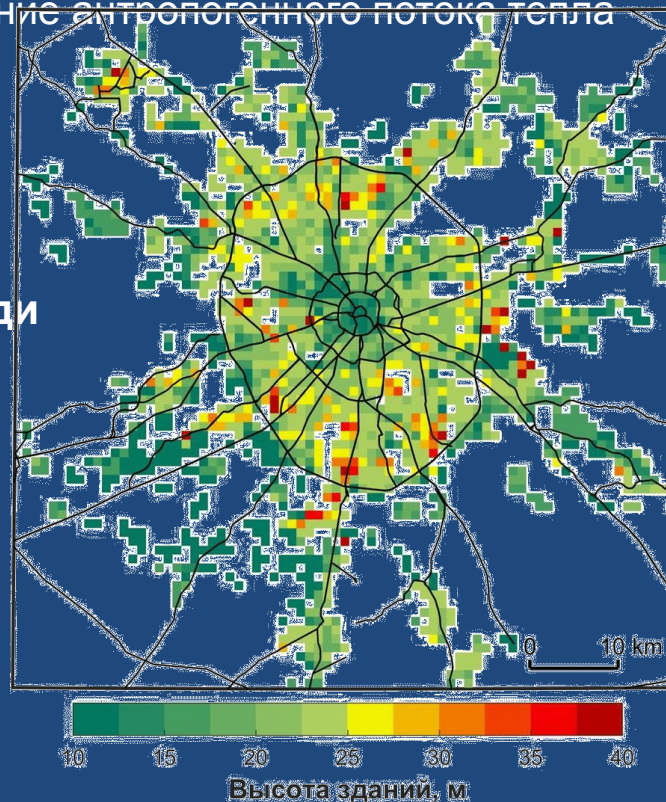
URBint ($P = 1.7 \cdot P_0$)

для всех ячеек со средней этажностью (от 4 до 6) задано:

- Увеличение этажности до 10 этажей
- Увеличение доли площади зданий в площади урб. территории до 25%
- Пропорциональное увеличение антропогенного потока тепла

URBint2 ($P = 2 \cdot P_0$)

- для тех же ячеек дополнительно задано увеличение доли площади урб. территории до 75%

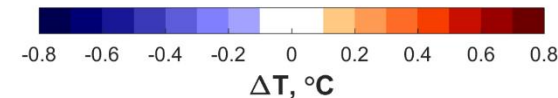
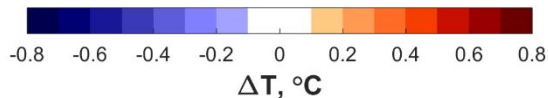
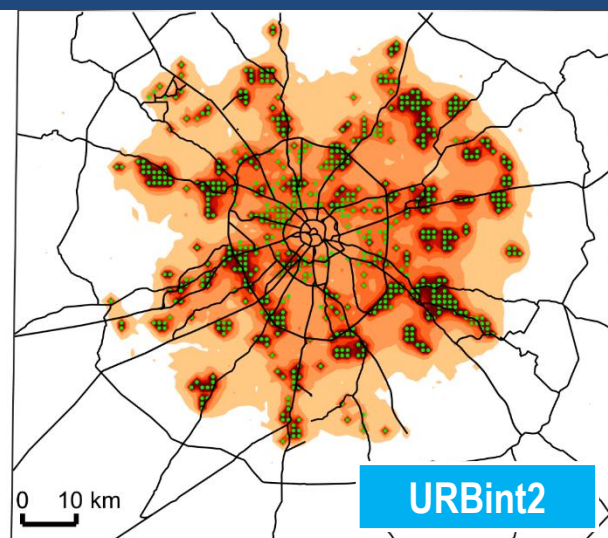
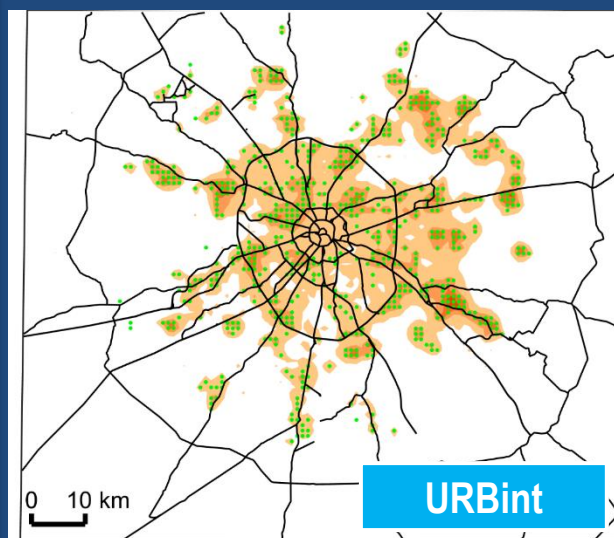
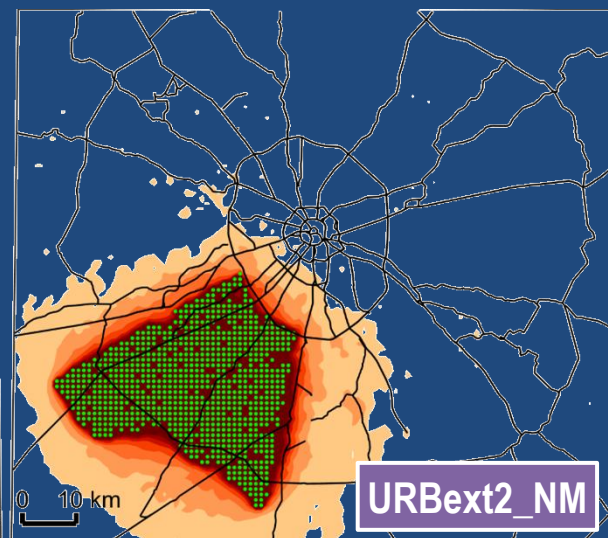
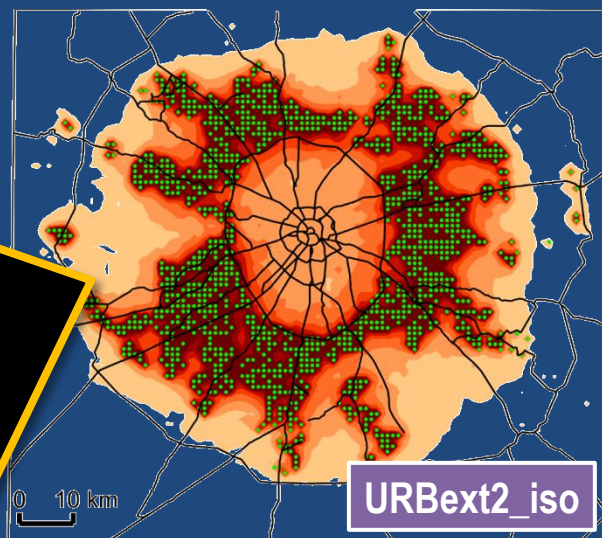
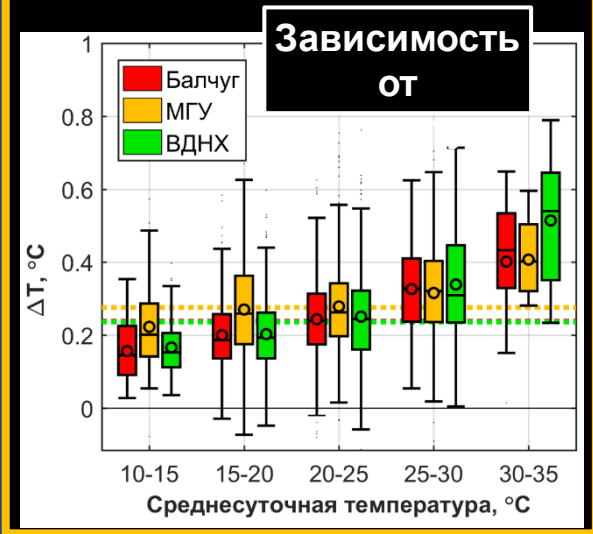
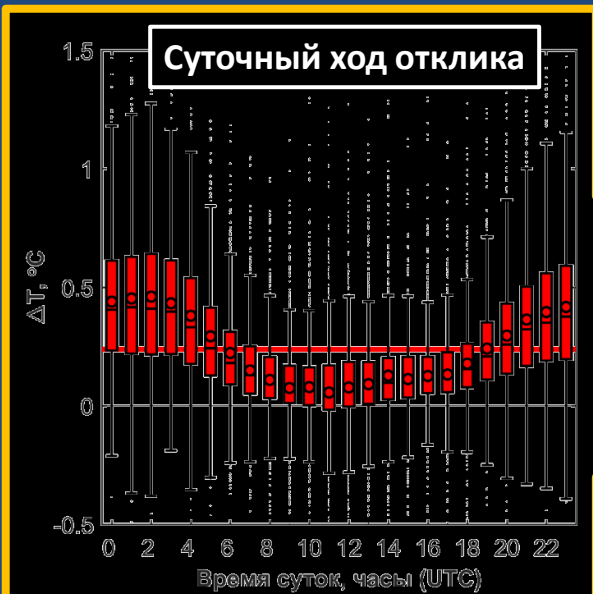


Современное состояние



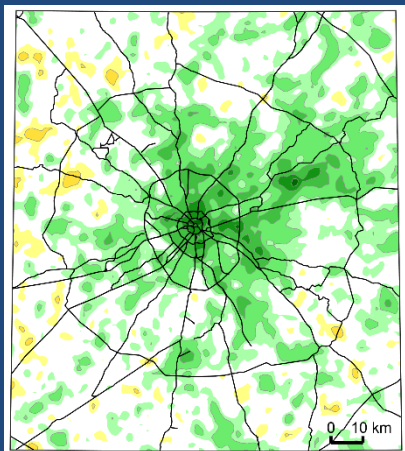
(Программа реновации, 2017)

Отклик летнего термического режима

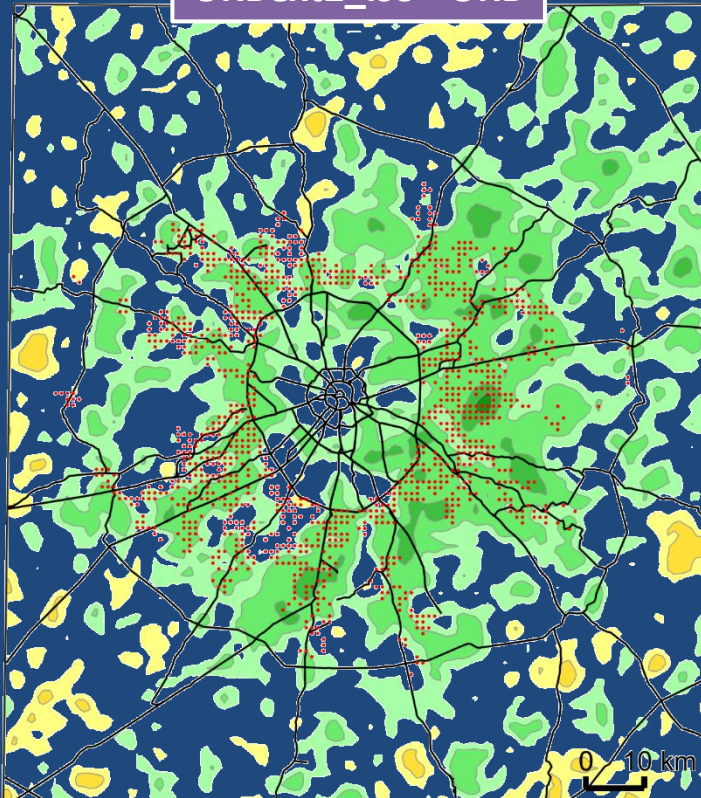


Отклик летних сумм осадков

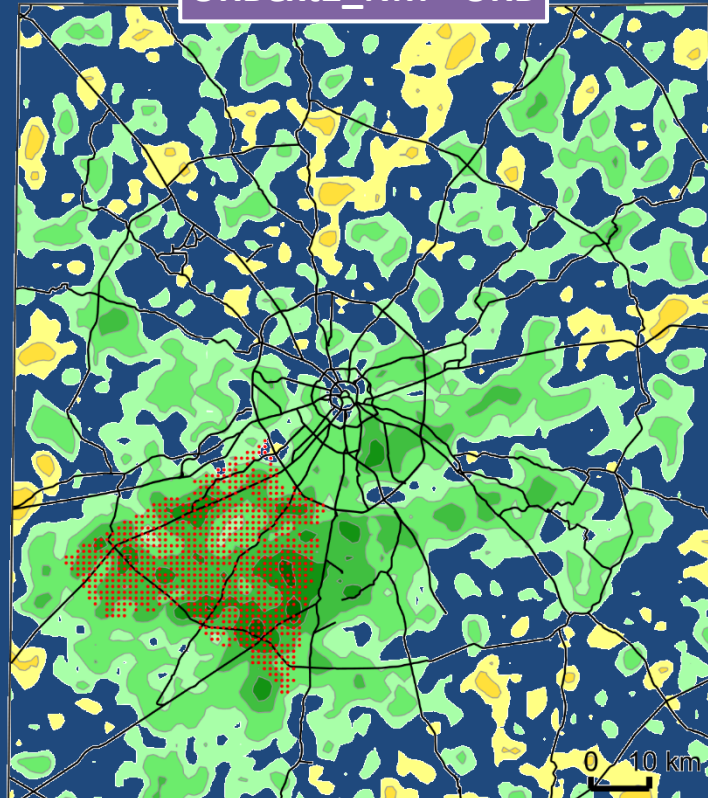
URB - noURB



URBext2_iso - URB



URBext2_NM - URB



-25 -20 -15 -10 -5 0 5 10 15 20 25
 $\Delta P, \%$

Отклик средней летней суммы осадков за 2007-2016 гг. на реализацию сценариев

URBext2_iso и URBext2_NM относительно условий современного города (URB):

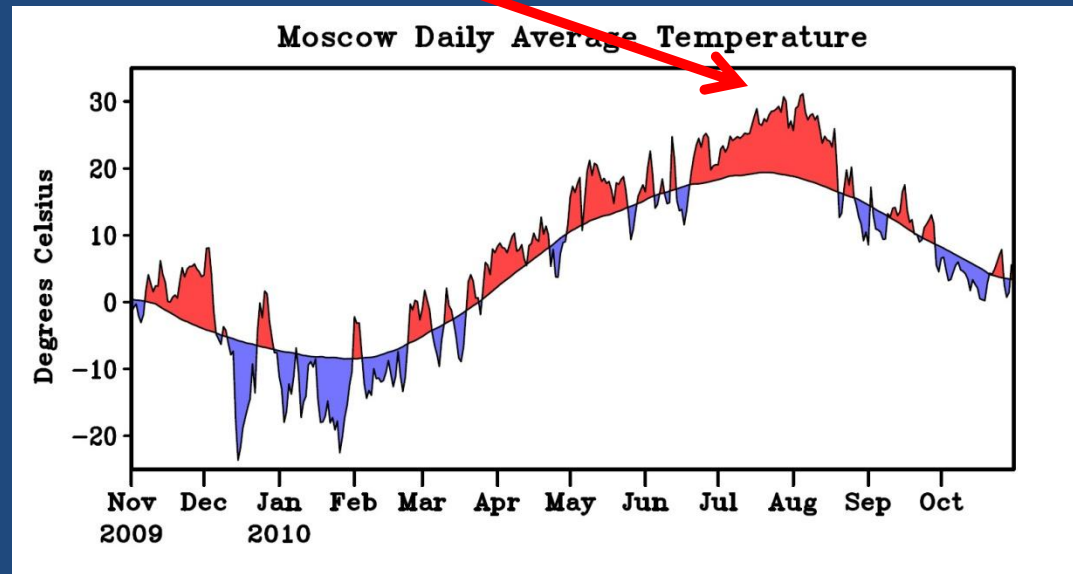
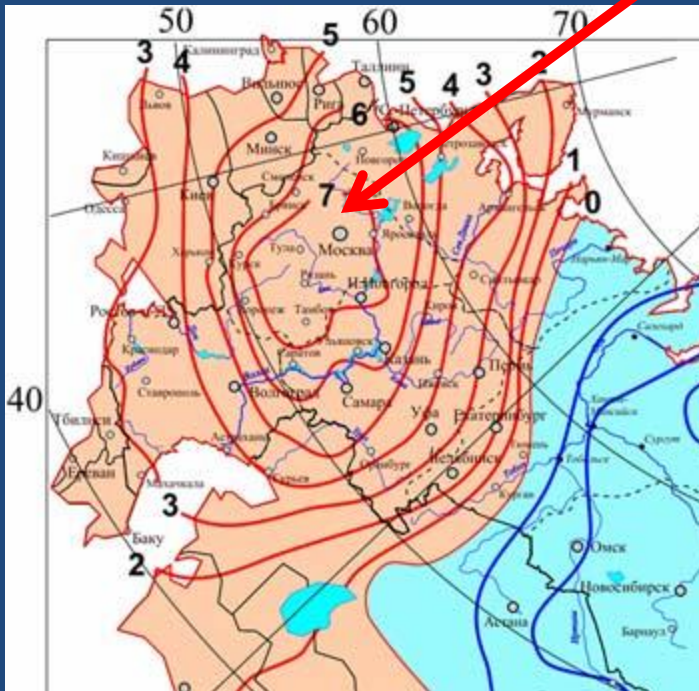
Часть 2

Почему важно оценивать именно
комфортность городов?

А, например, не температуру?

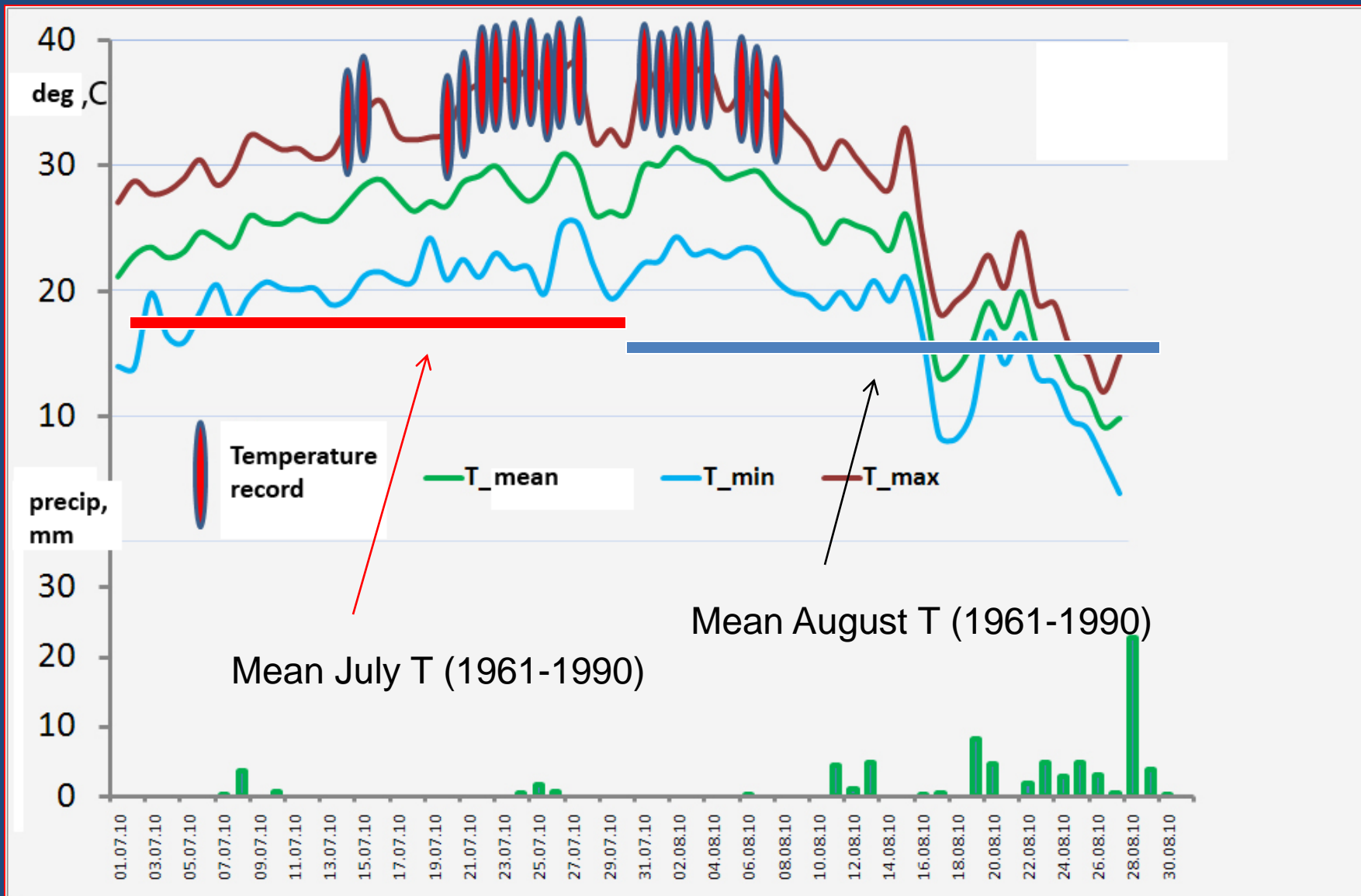
Волна жары в Москве в 2010 году

$T_{\max}=38,1\text{ C}$

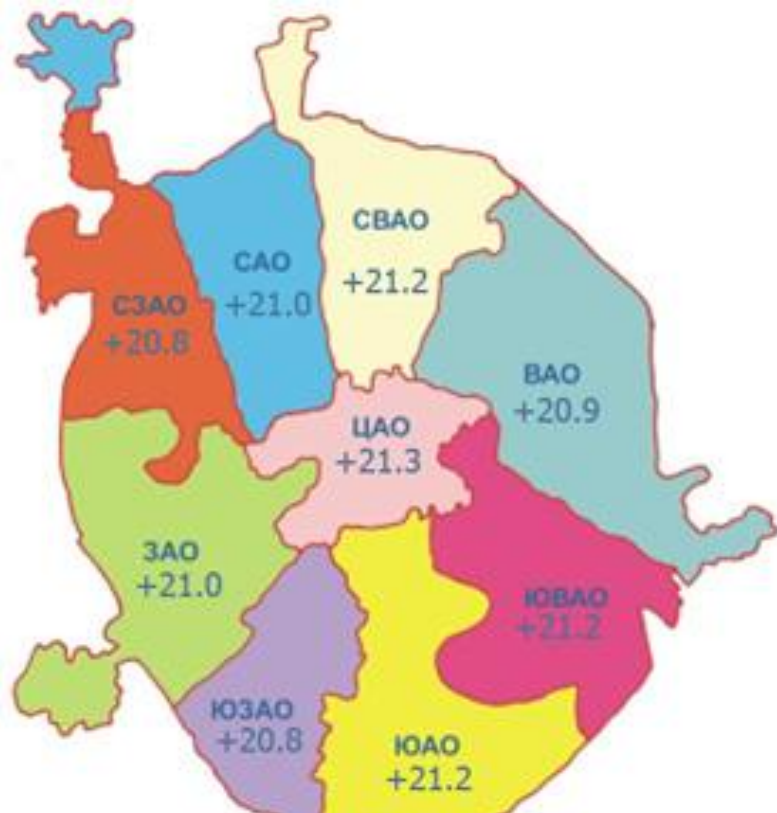


The exceptional heat over such a long duration, combined with poor air quality from wildfires increased deaths by at least 12,000 in Moscow (NOAA,2010)

Рекорды температуры

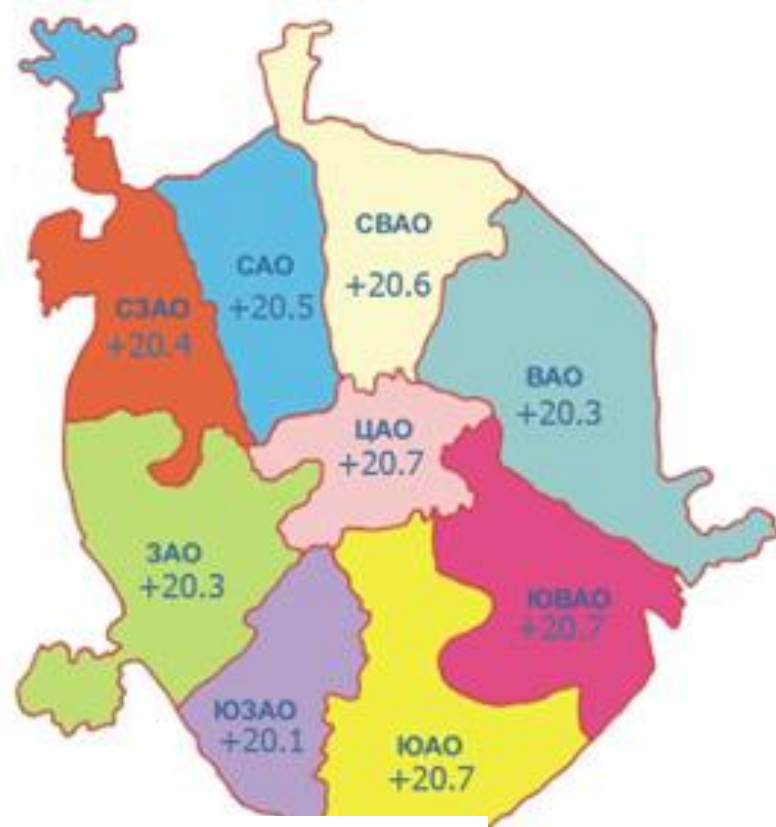


Влияние изменения застройки



Рост температуры в ЦАО к 2050 году

+1,2 градуса



+0,7 градуса

Застройка 50% зеленой зоны

Озеленение 50% застроенных территорий

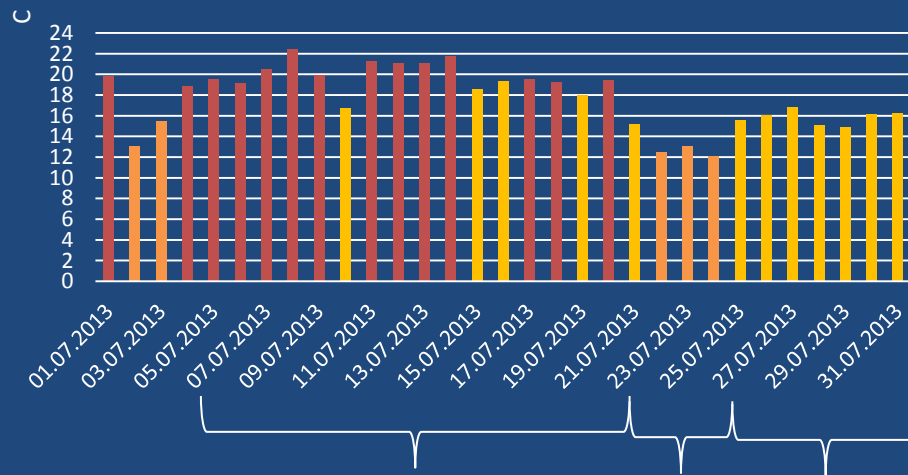
Индексы комфортности

Более 100 индексов для определения биоклиматической комфортности жизнедеятельности человека

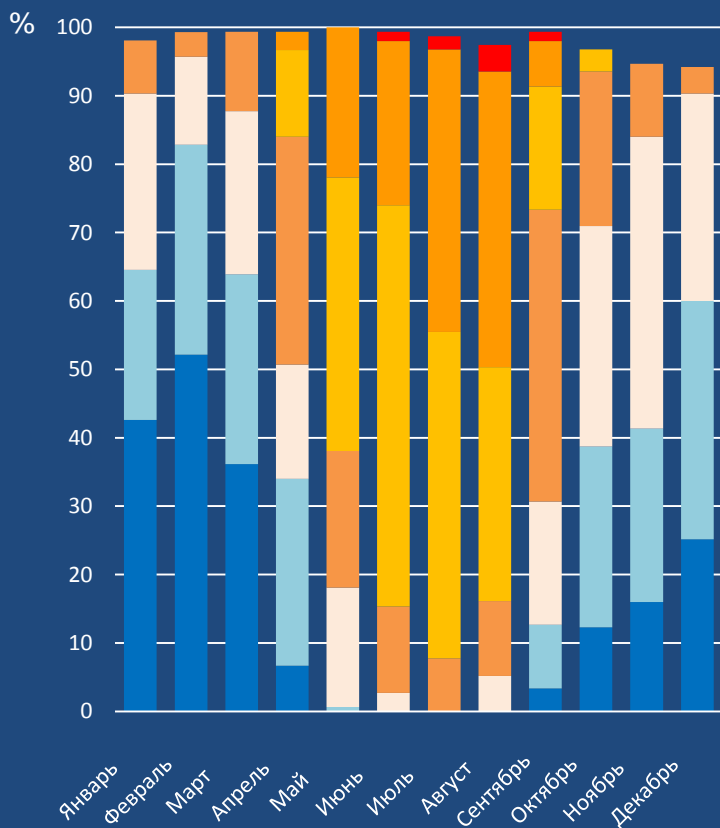
- Индексы на основе прямых измерений параметров окружающей среды – индекс жары, эффективной температуры, индекс Бодмана и т.п.
- Индексы на основе эмпирически наблюдаемых реакций человеческого организма на тепловую / холодовую нагрузку – индекс физиологического напряжения и т.п.
- Индексы, основанные на моделях энергетического баланса человека

Детализация расчетных биоклиматических индексов: от конкретного дня в году до среднегодового периода

Июль 2013



2011-2015 гг.



Жара

Комфорт

Тепло

Пример: Ростов-на-Дону, индекс Миссенарда

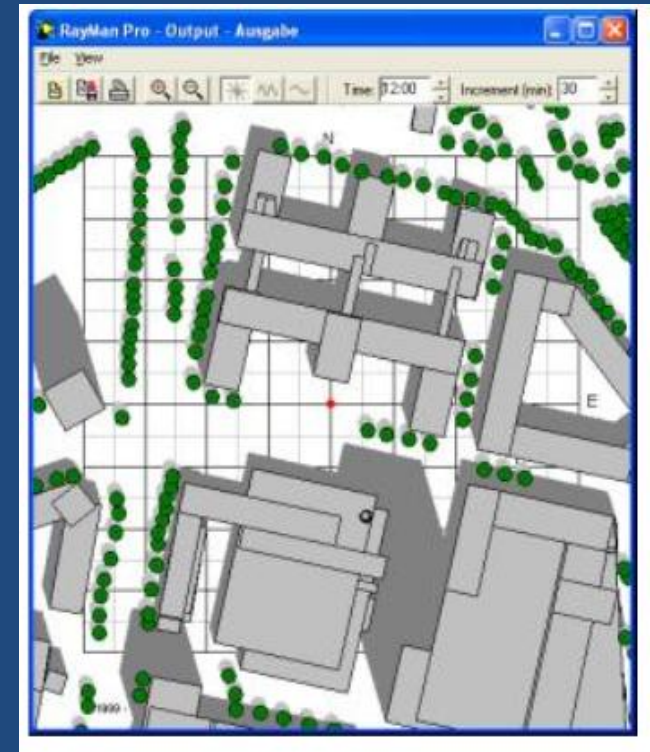
Индексы на основе моделей теплового баланса человека – наиболее актуальны в современных исследованиях

- Predicted mean vote
- Physiological equivalent temperature
- Perceived temperature
- Universal thermal climate index

Учитывают:

- терморегуляционные особенности организма
- теплоизоляционные свойства одежды

Позволяют проводить оценку комфортности на микроуровне



WBGT (Wet-bulb Globe Temperature)

- в зданиях и вне зданий без солнечной нагрузки:

$$WBGT = 0.7t_{\text{вл}} + 0.3t_{\text{изл}} \quad (1)$$

- вне зданий с солнечной нагрузкой:

$$WBGT = 0.7t_{\text{вл}} + 0.1t_{\text{сух}} + 0.2t_{\text{изл}} \quad (2)$$

- WBGT показывает хорошую корреляцию с уровнем потоотделения
- ГОСТ Р ИСО 7243 – 2007: Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра).

PET derived from Rayman model (Matzarakis, Rutz, Mayer)



The screenshot shows the RayMan 1.2 software interface. The window title is "RayMan 1.2". The menu bar includes "File", "Input", "Output", "Table", "Language", and "?".

Date and time

- Date (day.month.year): 23.3.2012
- Day of year: 83
- Local time (h:mm): 0:26
- Buttons: "Now and today"

Geographic data

- Location: 1st location - erster Ort
- Buttons: "Add location", "Remove location"
- Geogr. longitude (..°.' E): 7°51'
- Geogr. latitude (..°.' N): 48°0'
- Altitude (m): 323
- time zone (UTC + h): 1.0

Current data

- Air temperature Ta (°C): 20.0
- Vapour pressure VP (hPa): 12.5
- Rel. Humidity RH (%): 53.5
- Wind velocity v (m/s): 1.0
- Cloud cover C (octas): 0
- Global radiation G (W/ml):
- Mean radiant temp. Tmrt (°C):

Personal data

- Height (m): 1.75
- Weight (kg): 75.0
- Age (a): 35
- Sex: m

Clothing and activity

- Clothing (clo): 0.9
- Activity (W): 80.0

Thermal indices

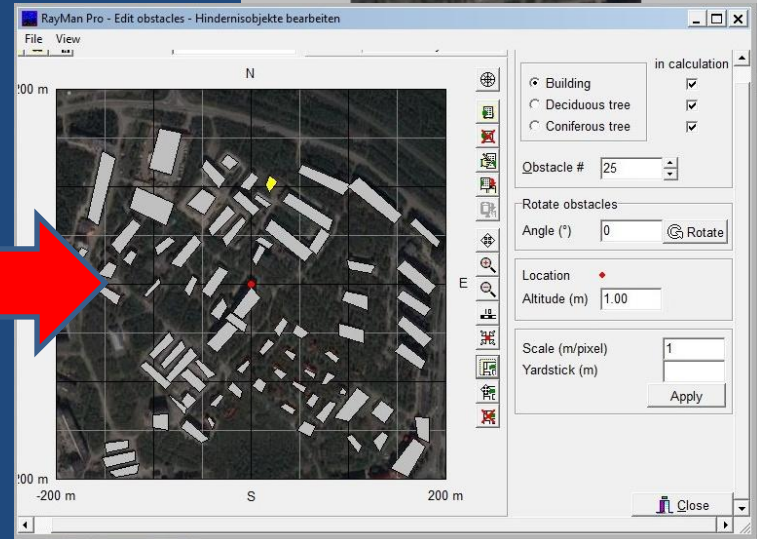
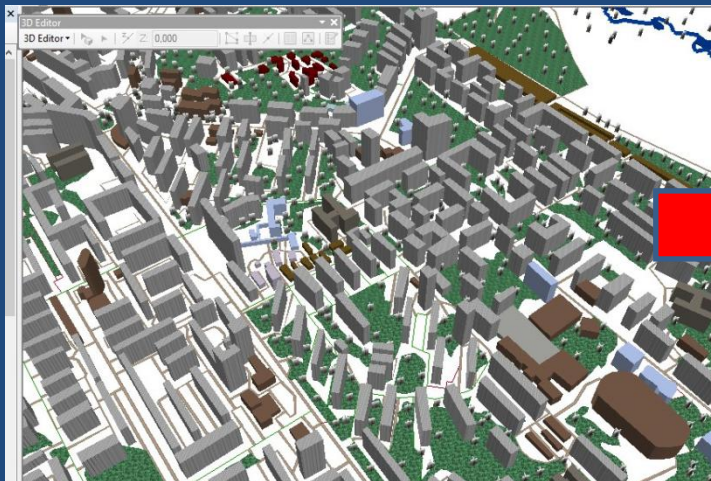
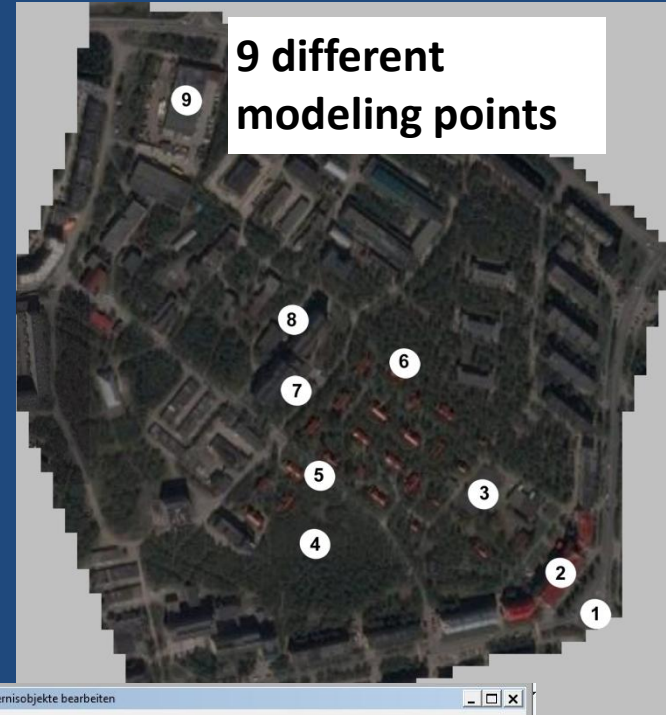
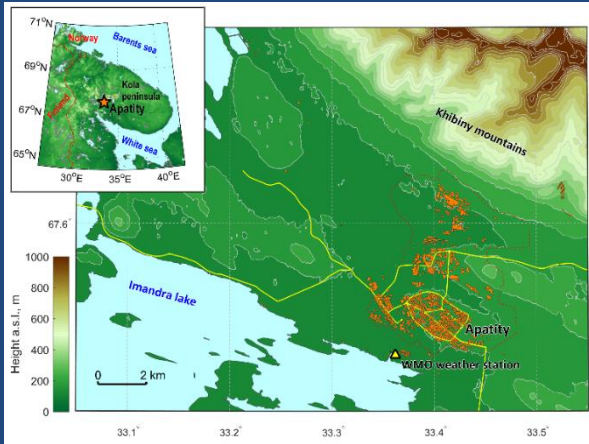
- PMV
- PET
- SET*

Buttons: "New", "Add", "Close"

- Matzarakis, A., Rutz, F. (2005) Application of RayMan for tourism and climate investigations. *Annalen der Meteorologie* 41: Vol. 2, 631-636.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. (2000) Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. In: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium* (ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney. WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 273-278.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H. (2007) Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model. *Int. J. Biomet.* 51: 323-334.

Индекс PMV	Индекс PЕТ	Теплоощущение человека	класс физиологического воздействия
		крайне холодно	экстремальный холодовой стресс
-3,5	4		
		очень холодно	сильный холодовой стресс
-2,5	8		
		холодно	умеренный холодовой стресс
-1,5	13		
		прохладно	слабый холодовой стресс
-0,5	18		
		комфортно	отсутствие теплового воздействия
0,5	23		
		умеренно тепло	легкое тепловое воздействие
1,5	29		
		тепло	умеренное тепловое воздействие
2,5	35		
		жарко	сильное тепловое воздействие
3,5	41		
		очень жарко	экстремальное тепловое воздействие

Соответствие значений индексов PЕТ и PMV ощущениям человека. Данные градации теплоощущений и классов физиологического воздействия применимы для среднестатистического европейского мужчины (рост 175 см, вес 75 кг, возраст 35 лет) в климатических условиях средней Европы.

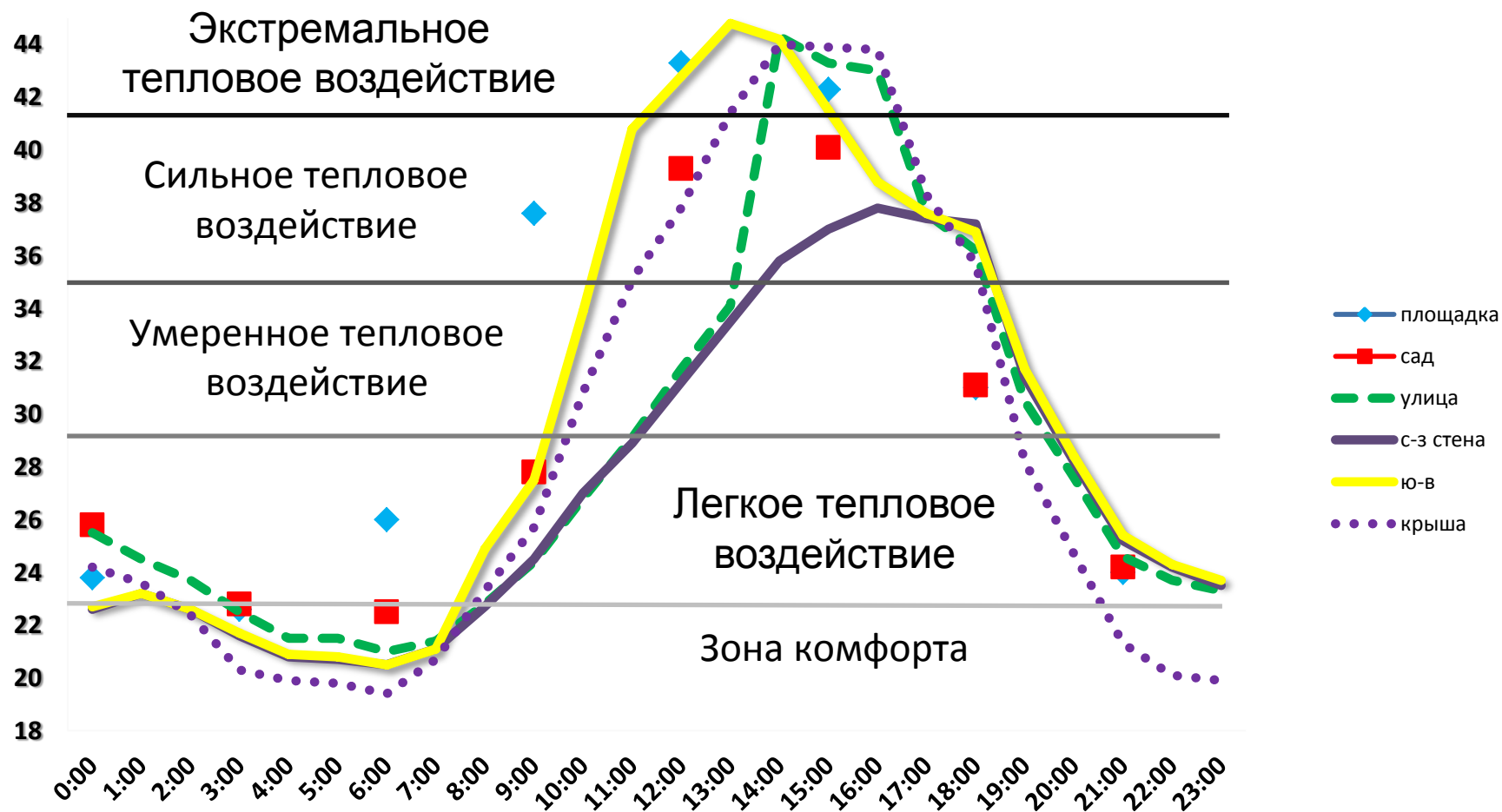


РЕТ на территории МГУ



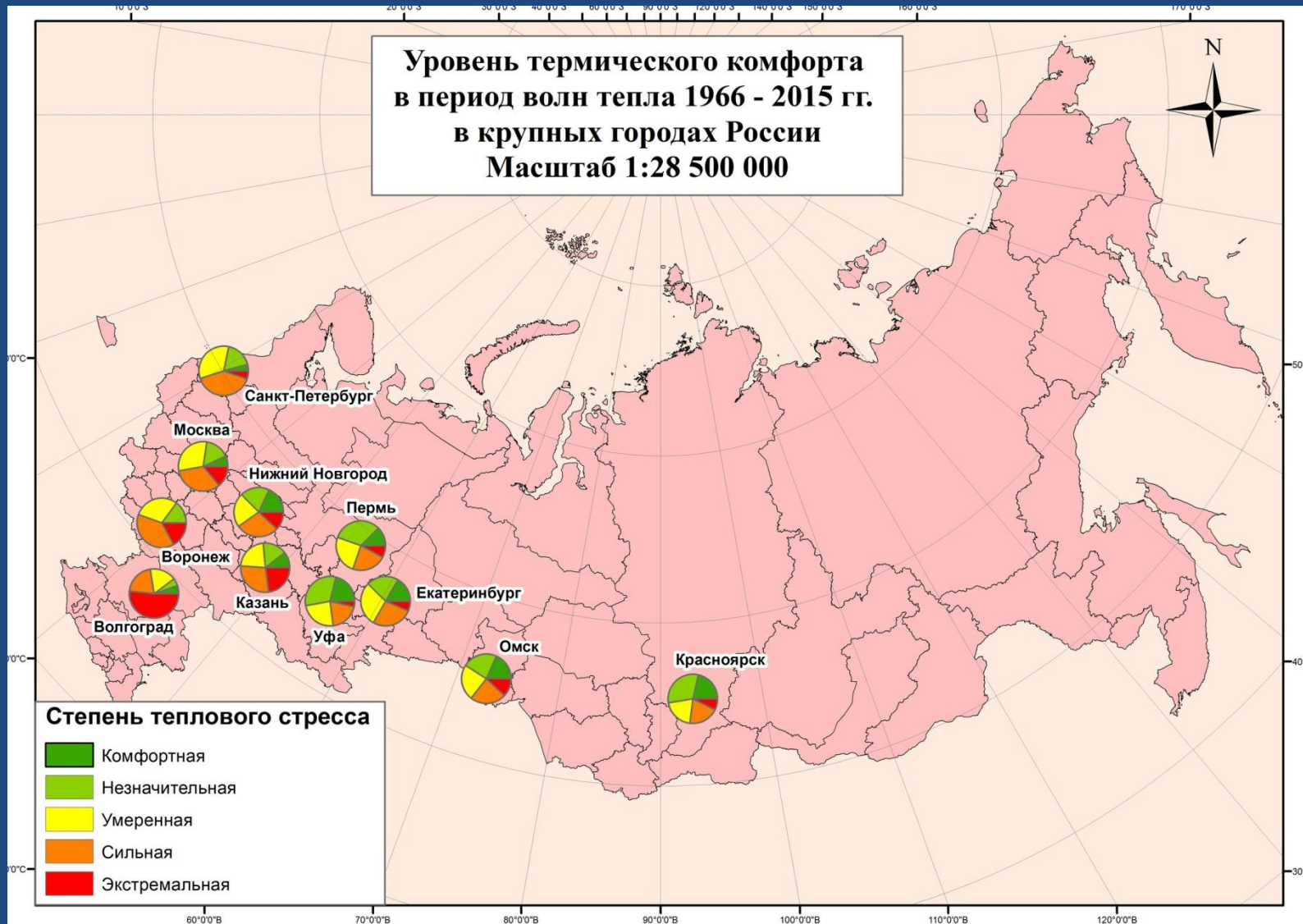
Автор: студентка 4 курса каф. РПП
Ольга Гоммерштадт

Физиологически эффективная температура (PET) в самый жаркий день в истории Москвы (29.07.10)

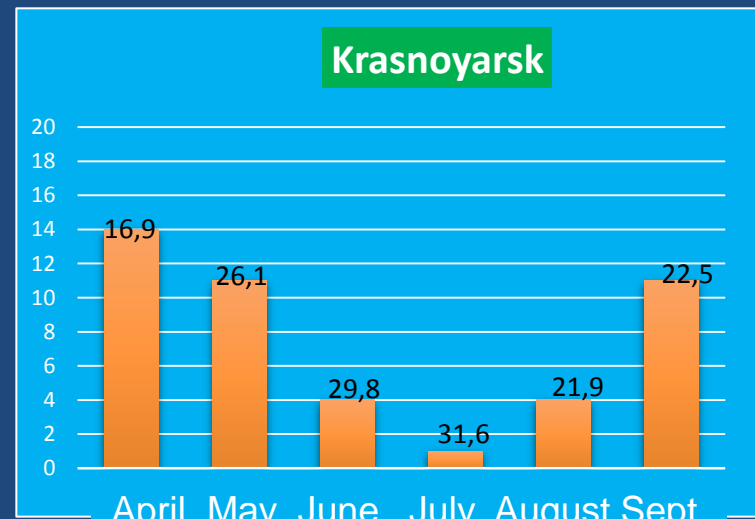
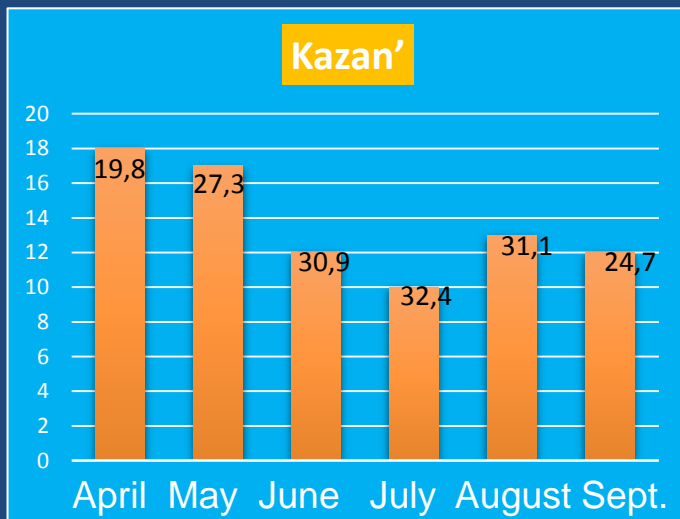
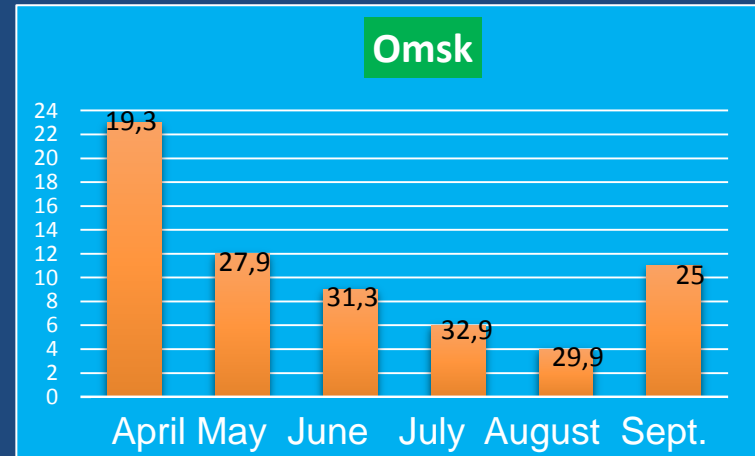
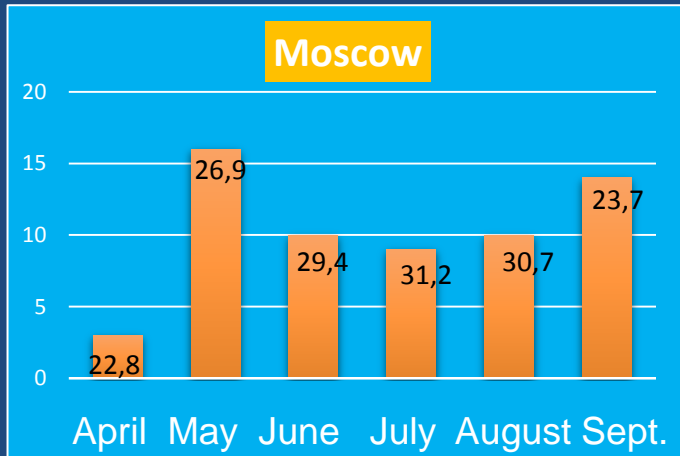


Название точки	Продолжительность экстремального теплового воздействия	Период экстремального теплового воздействия
Середина аллеи	3 часа	13:30 – 16:30
Стена, обращенная на северо-запад	Не отмечено	Не отмечено
Крыша	3,5 часа	13:00 – 16:30
Стена, обращенная на юго-восток	4 часа	11:00 – 15:00
Метеорологическая площадка	4 часа	11:30 – 15:30
Ботанический сад	Не отмечено	Не отмечено

Климатология термического комфорта комфорта 1966-2015



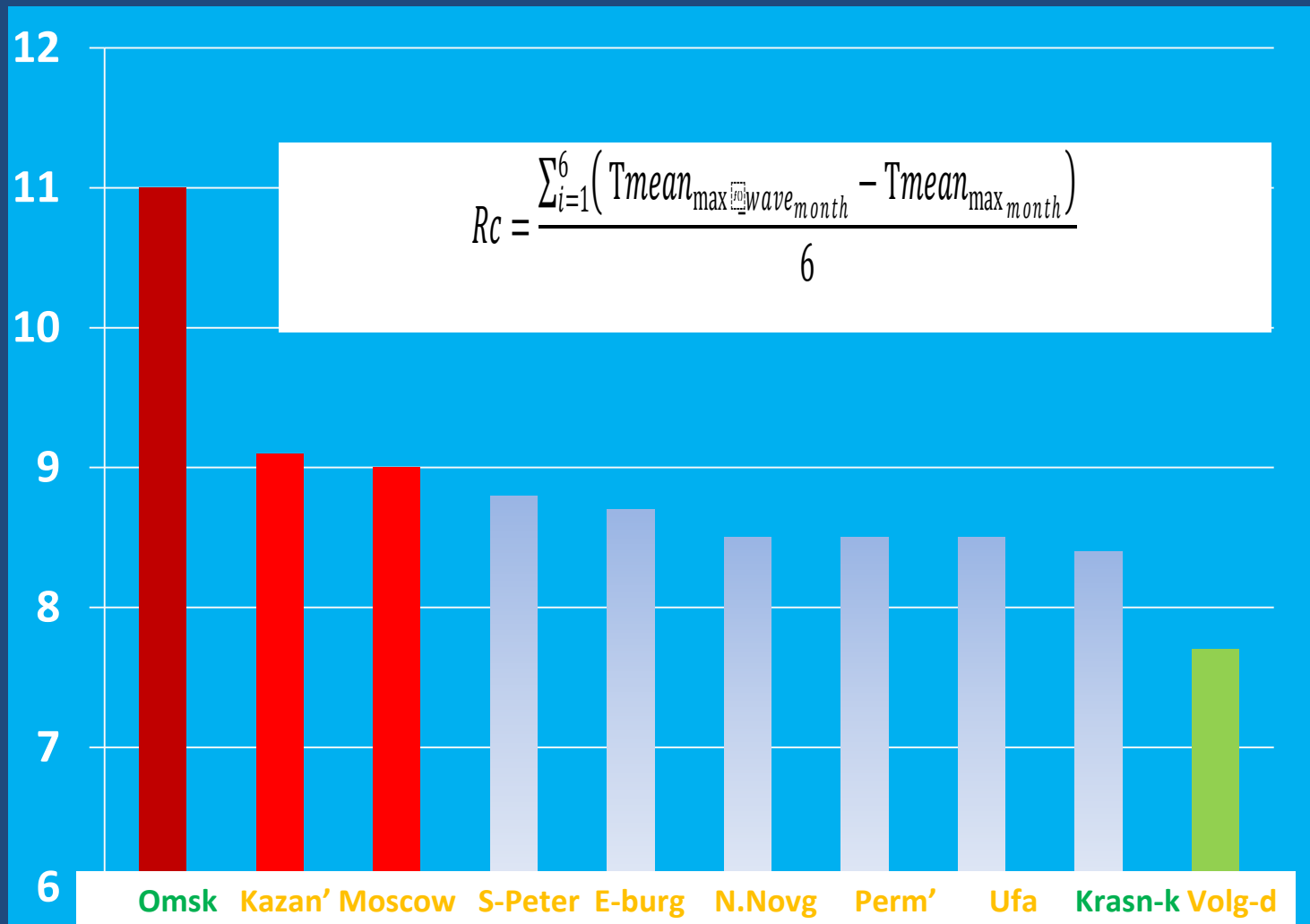
Климатология волн жары в 1966-2015



Абсолютная интенсивность волн жары для городов РФ

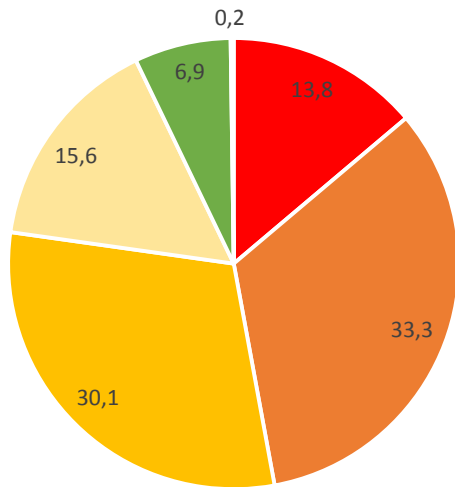
	April	May	June	July	August	September	mean Tc
Ekaterinburg	10,1	9,0	7,8	7,9	8,4	9,2	8,7
Kazan'	10,5	8,6	8,1	10	8,4	9	9,1
Krasnoyarsk	9,6	10,1	7,5	7	7,9	8,1	8,4
Moscow	12,4	8,5	7,7	8,1	9,2	8,3	9,0
Nizhnij Novgorod	9	8,7	7,7	7,9	9,3	8,6	8,5
Omsk	11,2	12,3	11,2	11	9,9	10,5	11,0
Perm'	10,1	8,8	8	6,8	8,3	8,7	8,5
Volgograd	8,4	7,4	7,9	7,6	8	7,1	7,7
Sankt-Petersburg	10	9,4	8,6	8,5	7,7	8,6	8,8
Ufa	10,3	8	8	7,9	8,1	8,6	8,5

«Нехарактерность» волн жары для крупнейших городов РФ

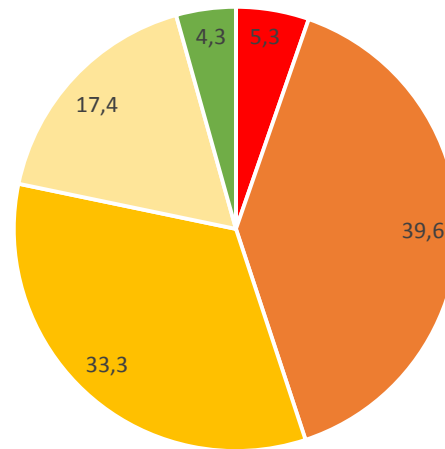


Индекс РЕТ в течение волн жары 1966-2015

Moscow

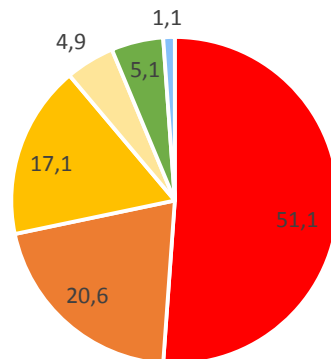


St.Petersburg

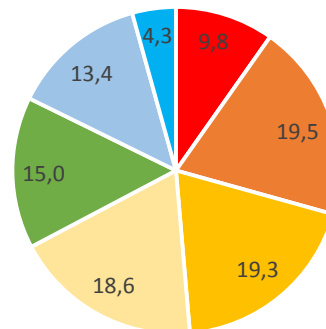


- Extreme Heat Stress
- Strong Heat Stress
- Moderate Stress Heat
- Slight Stress Heat
- No Thermal Stress

Volgograd

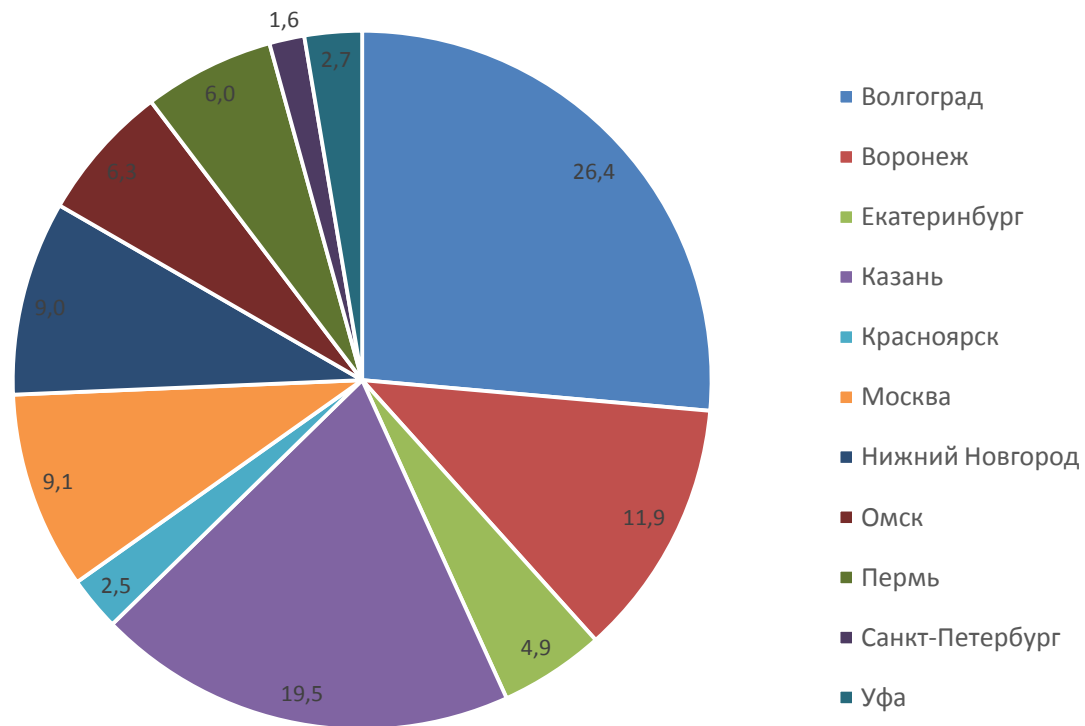


Omsk

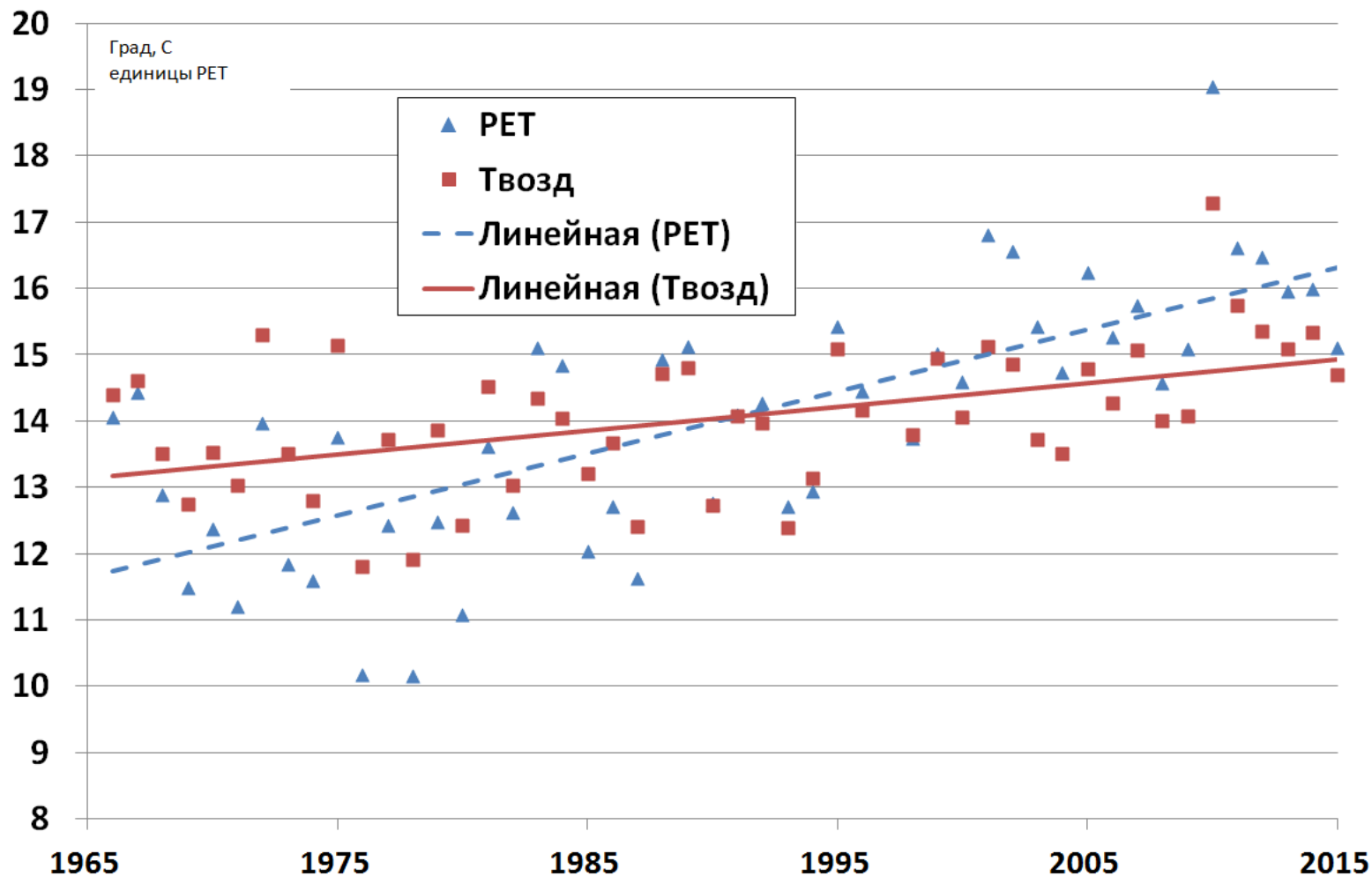


Экстремальные значения РЕТ 1966-2015

Частота повторяемости экстремальных значений РЕТ в период волн
тепла 1966 - 2015 гг. в крупных городах России



Тенденции последних 50 лет. Москва



Краткие итоги:

1. Создана первая в России сравнительная климатологии комфортности в городах-миллионерах и определена относительной опасности волн жары для каждого из них на основе анализа пятидесятилетних временных рядов
2. **На уровне среднегодовых значений, показатель РЕТ (а значит, и потенциально термический стресс) растут быстрее, нежели теплеет региональный климат.**

КОМФОРТ УХУДШАЕТСЯ БЫСТРЕЕ, ЧЕМ ТЕПЛЕЕТ КЛИМАТ

3. **Впервые** получена оценка отклика климата Московской Агломерации на реализацию гипотетических сценариев ее экстенсивного и интенсивного развития.