



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ  
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Курс «Моделирование климата городов» 2026, лекция №2

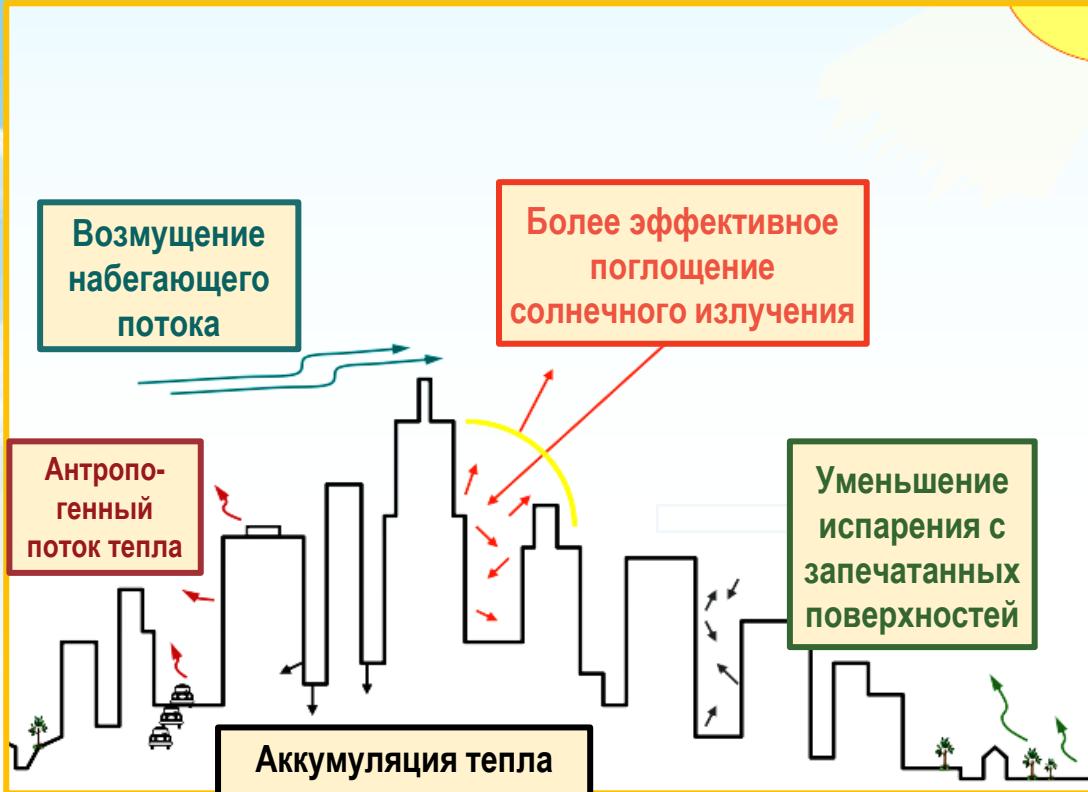
# Наблюдения для исследования и моделирования городского климата

Михаил Иванович Варенцов

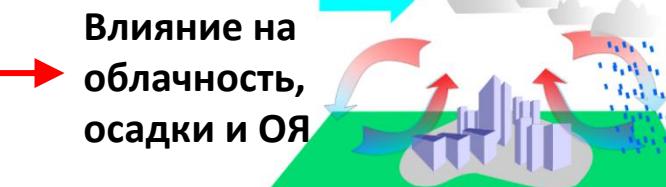
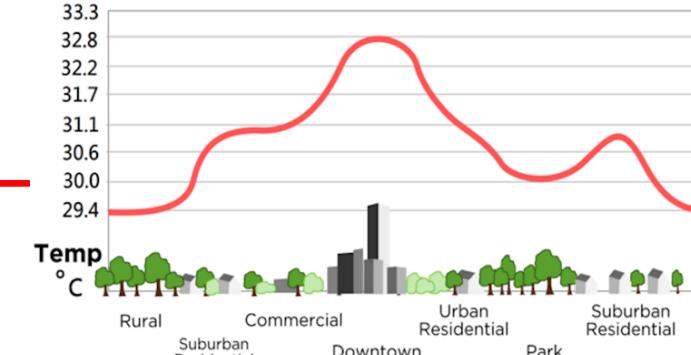
[mvarentsov@hse.ru](mailto:mvarentsov@hse.ru)

# В предыдущих сериях...

## Влияния городов на атмосферу



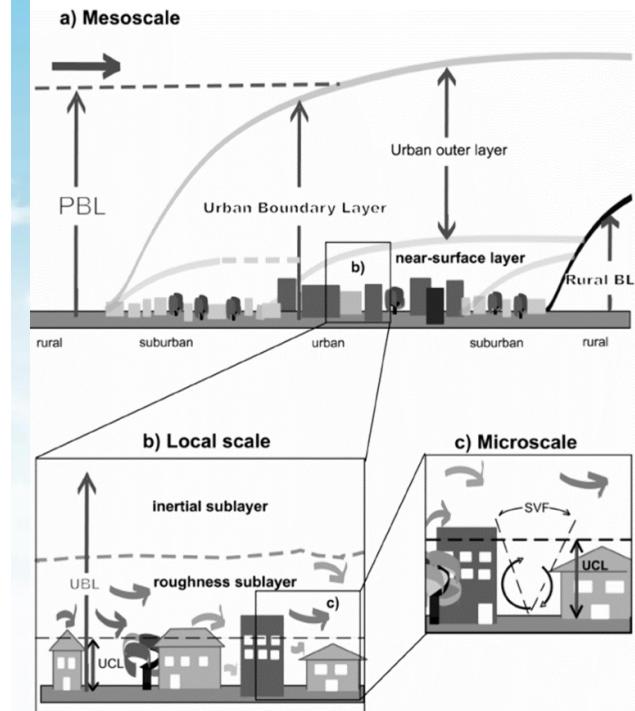
## Почему это актуально?



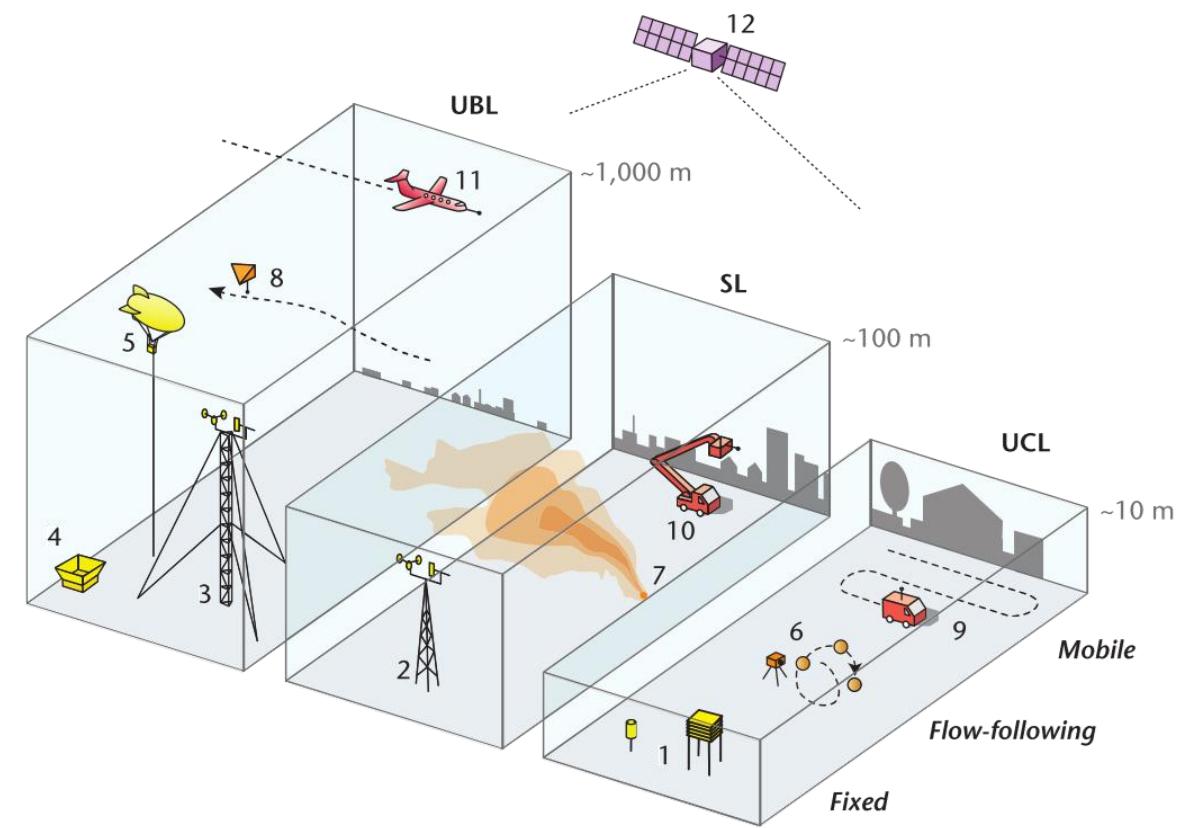
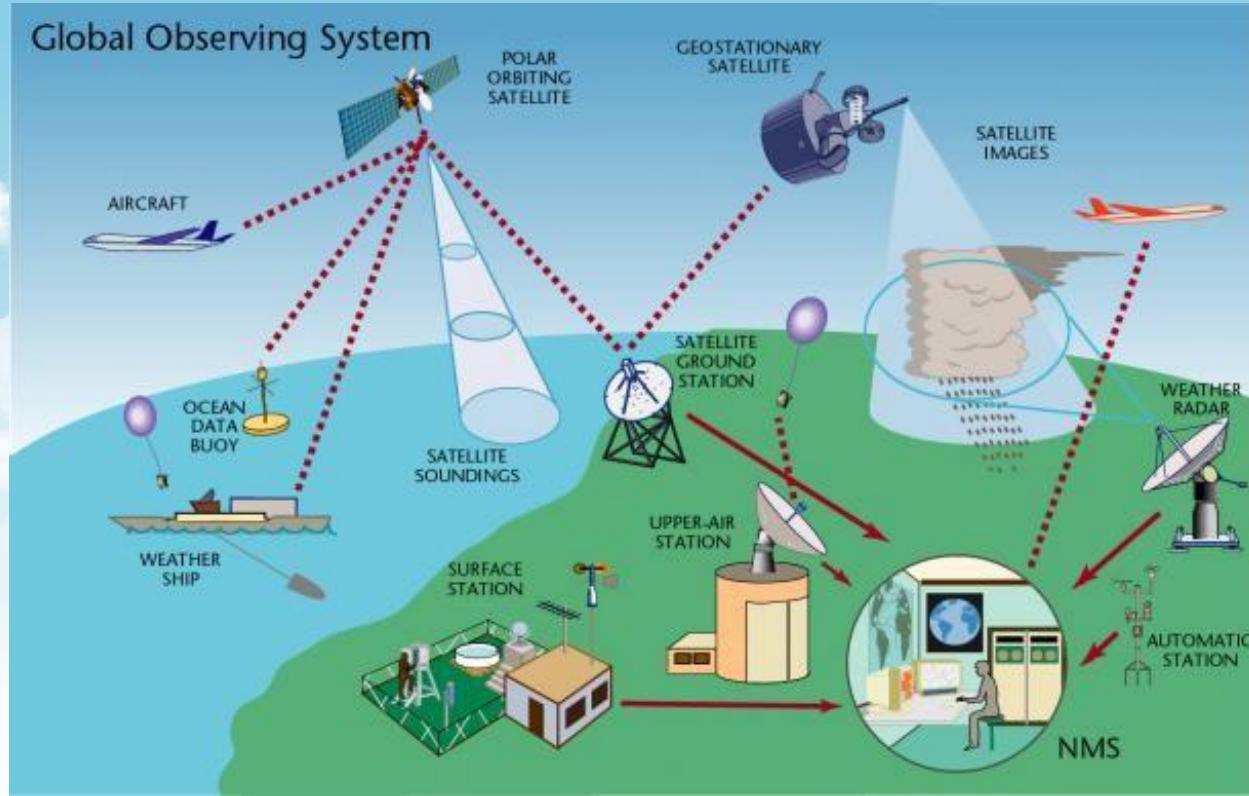
Влияние на облачность, осадки и ОЯ  
Влияние на термический комфорт  
...



## Проблемы и вызовы?



# В предыдущих сериях...



# Зачем нужны наблюдения в курсе про моделирование?



# Релевантные виды наблюдений

## □ Регулярные оперативные наблюдения:

- Национальные метеослужбы (работают в соответствии по наставлениям ВМО)
  - Наземные метеостанции, аэрология, радары и пр.
  - Экологический мониторинг (качество воздуха)
  - ...
- Ведомственные системы мониторинга (например, дорожные метеостанции)



## □ Специализированные наблюдения (научные организации)

- Длительный мониторинг
- Краткосрочные измерительные кампании

## □ Нетрадиционные виды наблюдений

- Краудсорсинг
- Любительские метеостанции
- IoT-девайсы

## □ Дистанционное зондирование Земли

# Регулярные оперативные наблюдения



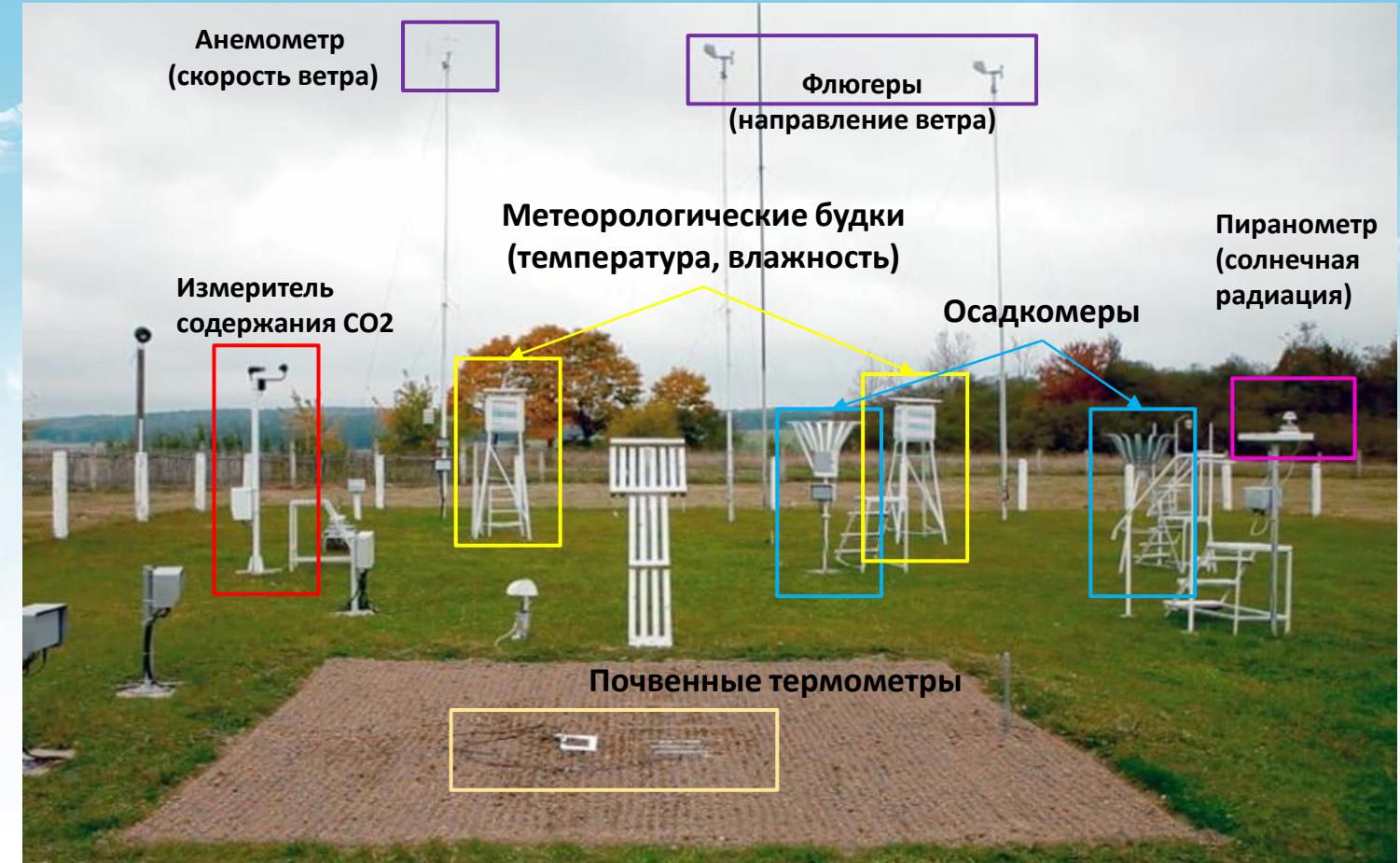
# Наземные метеостанции

## Сроки наблюдений:

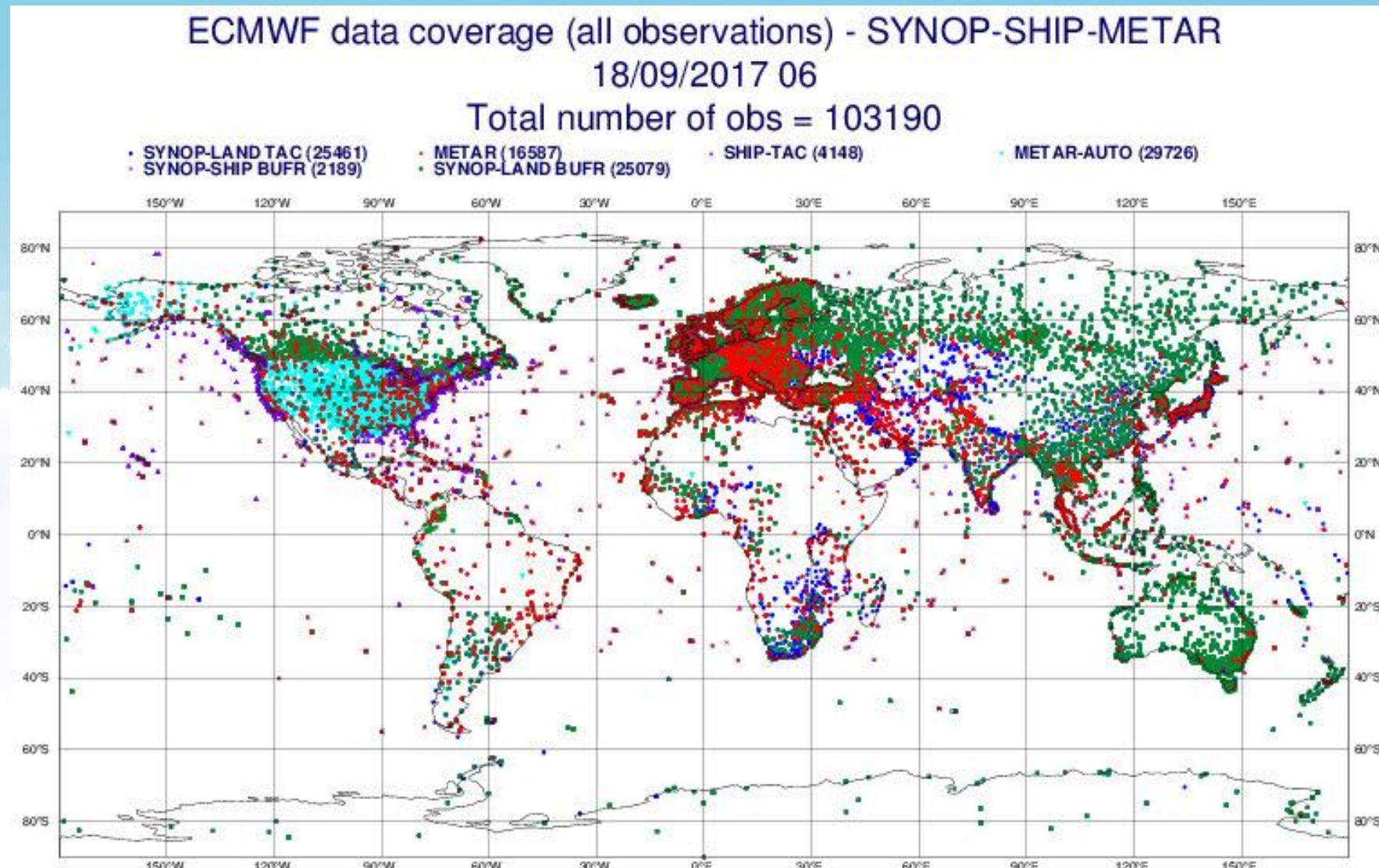
**00,03,06,09,12,15,18,21** по всемирному  
координированному времени

## Наблюдаемые параметры:

- Температура на 2 метрах;
- Влажность воздуха на 2 м;
- Атмосферное давление;
- Скорость и направление ветра на 10 м;
- Количество и тип осадков;
- Балл общей и нижней облачности;
- Типы облаков по международной классификации;
- Горизонтальная видимость;
- Температура поверхности почвы и на горизонтах;
- Продолжительность солнечного сияния;
- Высота и плотность снежного покрова.



# Наземные метеостанции



# Почему так мало данных для городов?

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
по гидрометеорологии и контролю  
природной среды

## НАСТАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ И ПОСТАМ

ВЫПУСК 3

ЧАСТЬ I

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ  
НА СТАНЦИЯХ



ЛЕНИНГРАД  
ГИДРОМЕТОРИЗДАТ  
1985

## 2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА

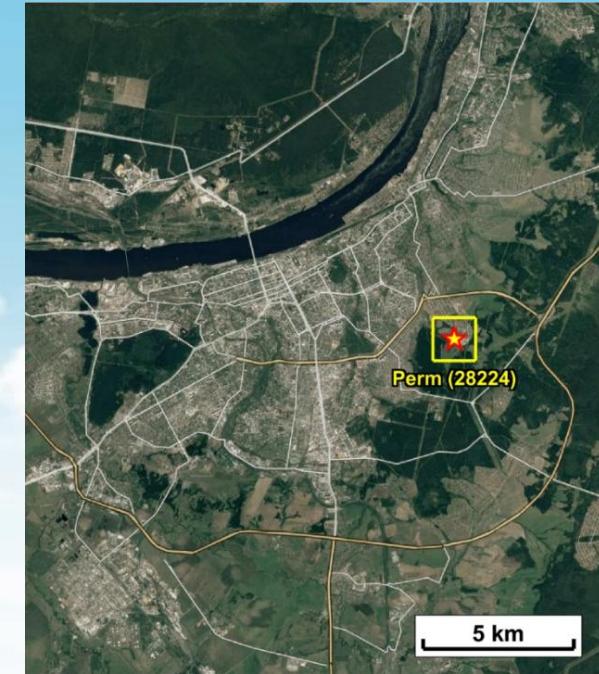
### 2.1. Общие указания

**2.1.1.** Метеорологическая площадка служит для установки приборов и оборудования, необходимых при производстве метеорологических наблюдений в приземном слое атмосферы.

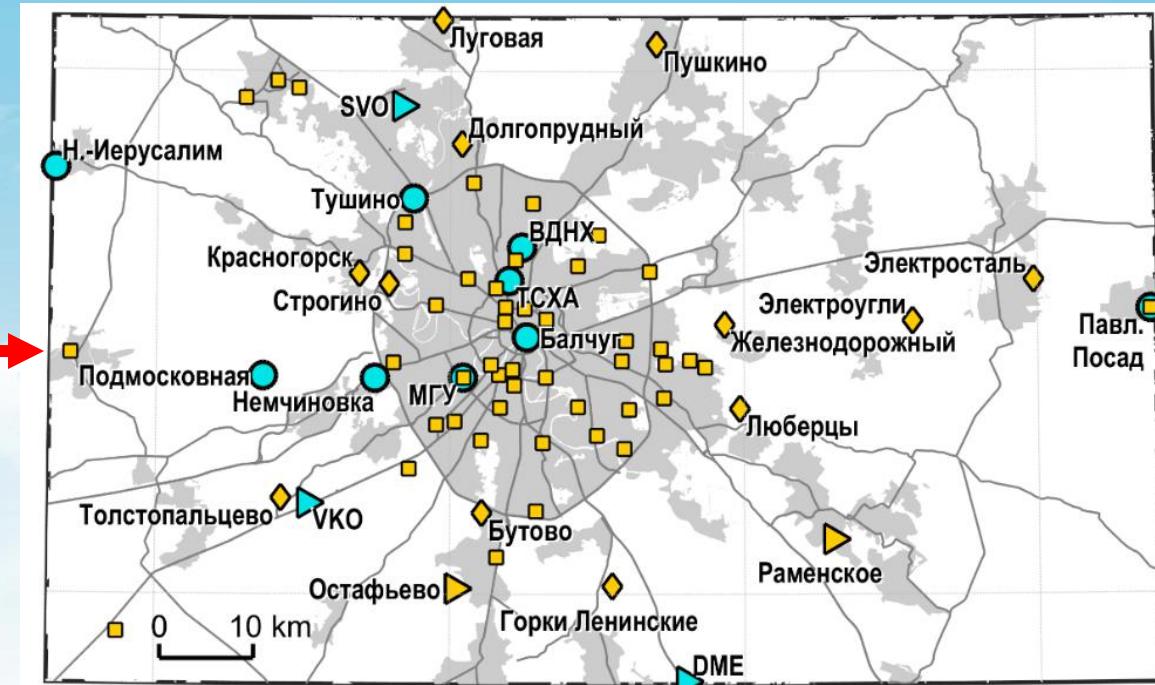
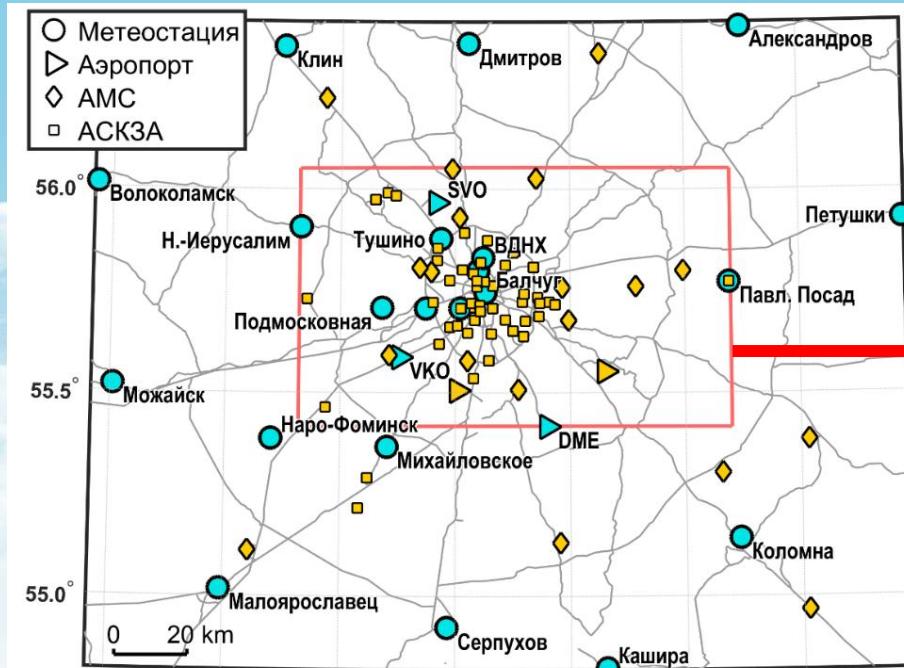
**2.1.2.** Метеорологическая площадка выбирается на участке, характерном (типичном) для окружающей местности и не отличающимся от окружающей территории какими-либо особенностями теплообмена и влагообмена подстилающей поверхности с атмосферой.

Характерность метеорологической площадки обеспечивается тем, что она располагается на преобладающих формах рельефа, наблюдающихся в районе, и удалена от источников влаги (море, озеро, река, водохранилище) на расстояние не менее 100 м от уреза воды при максимальном уровне воды в водоеме.

Метеорологическая площадка должна быть удалена от невысоких отдельных препятствий (одноэтажных построек, отдельных деревьев и т. п.) на расстояние не меньше 10-кратной высоты этих препятствий. От значительных по протяженности препятствий (лесов, больших групп построек, городских улиц и т. п.) площадка должна быть удалена на расстояние не меньше 20-кратной высоты этих препятствий.



# Метеостанции Москвы и окрестностей



Метеобсерватория МГУ



Метеостанция Балчуг

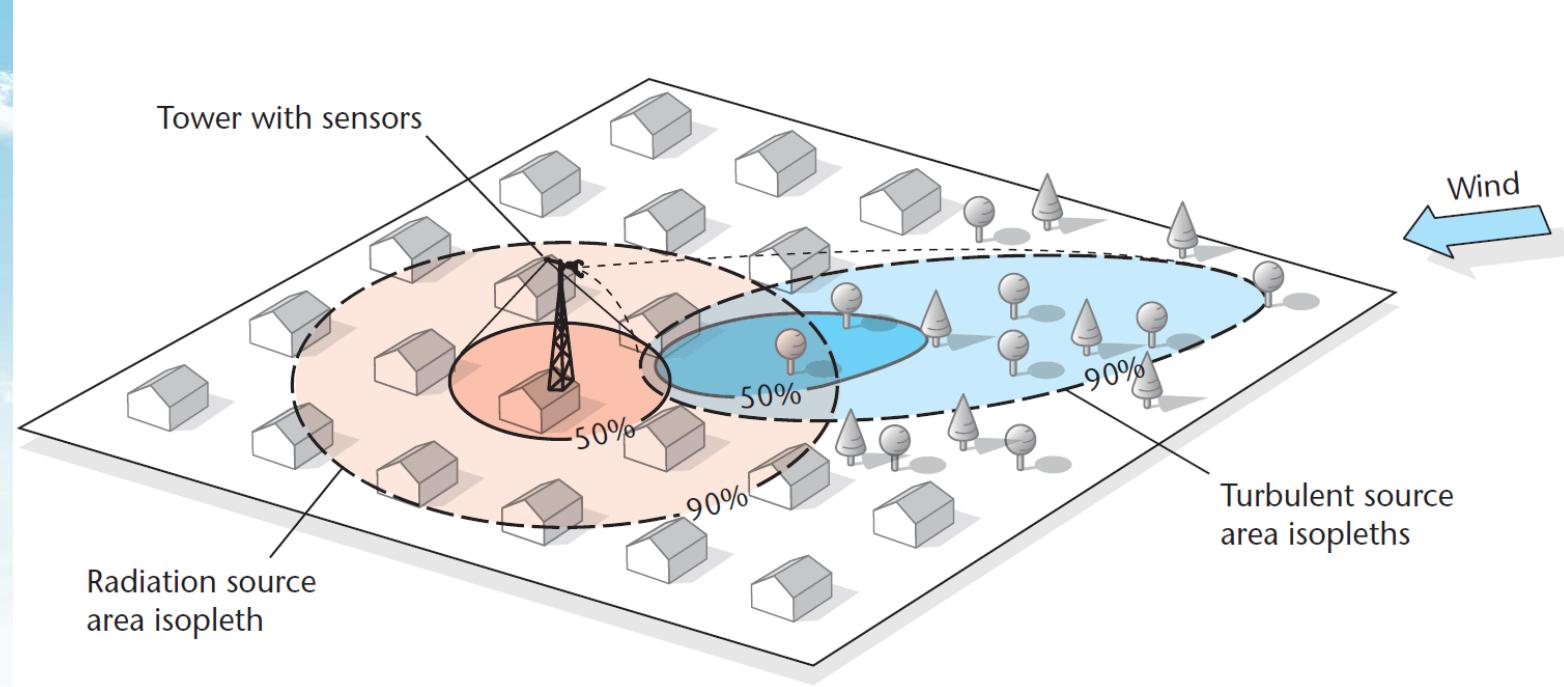
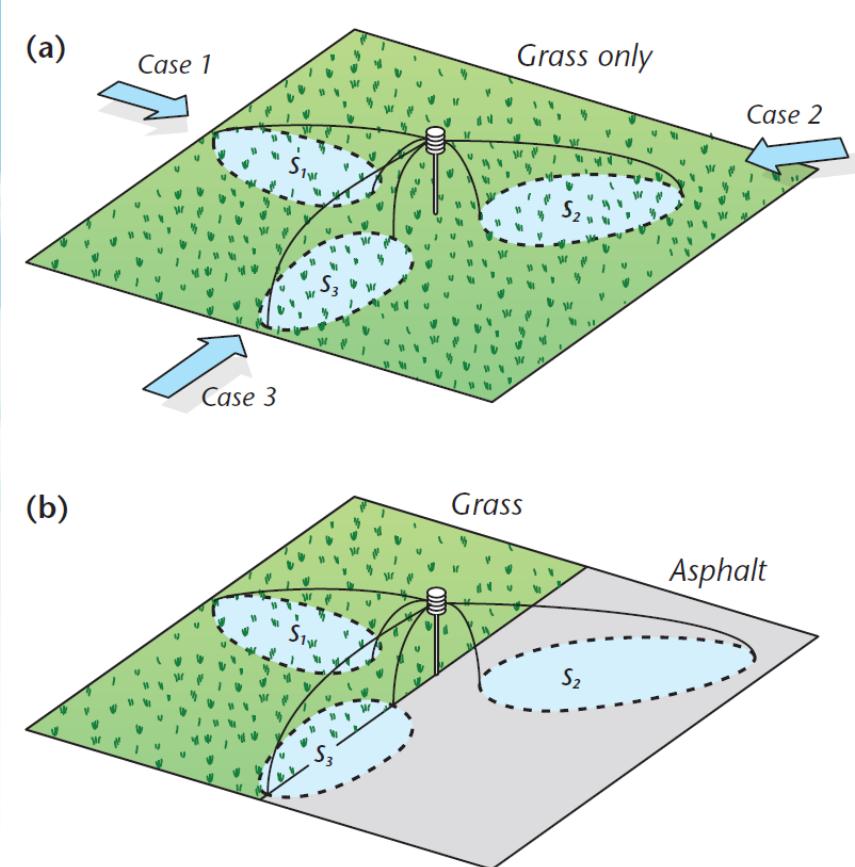


АМС ФГБУ «Центральное УГМС»



АСКЗА ГПБУ «Мосэкомониторинг»

# Нюансы работы с данными наблюдений в городах

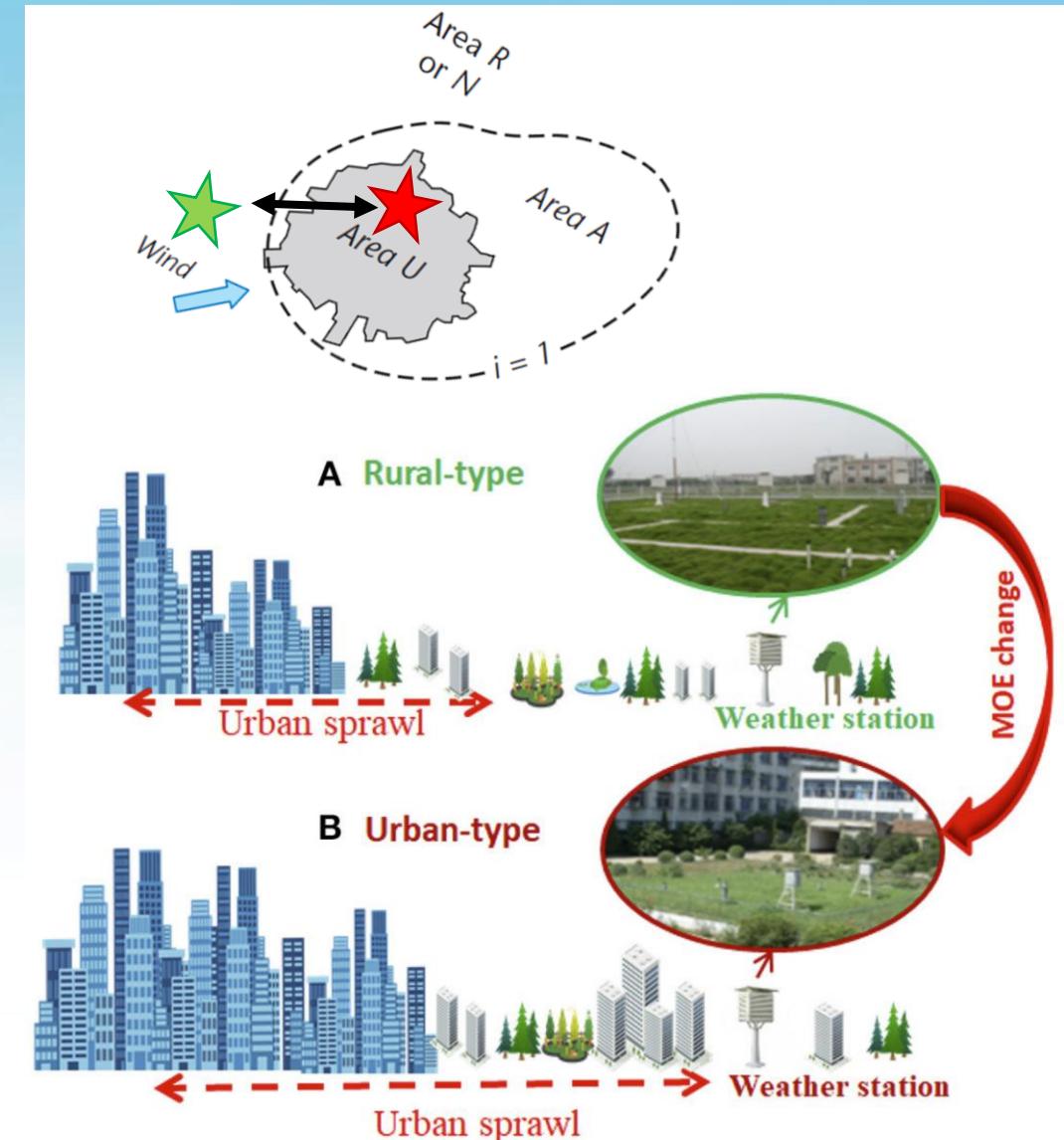


**При интерпретации наблюдений в городах особенно важно  
точно знать местоположение станции!**

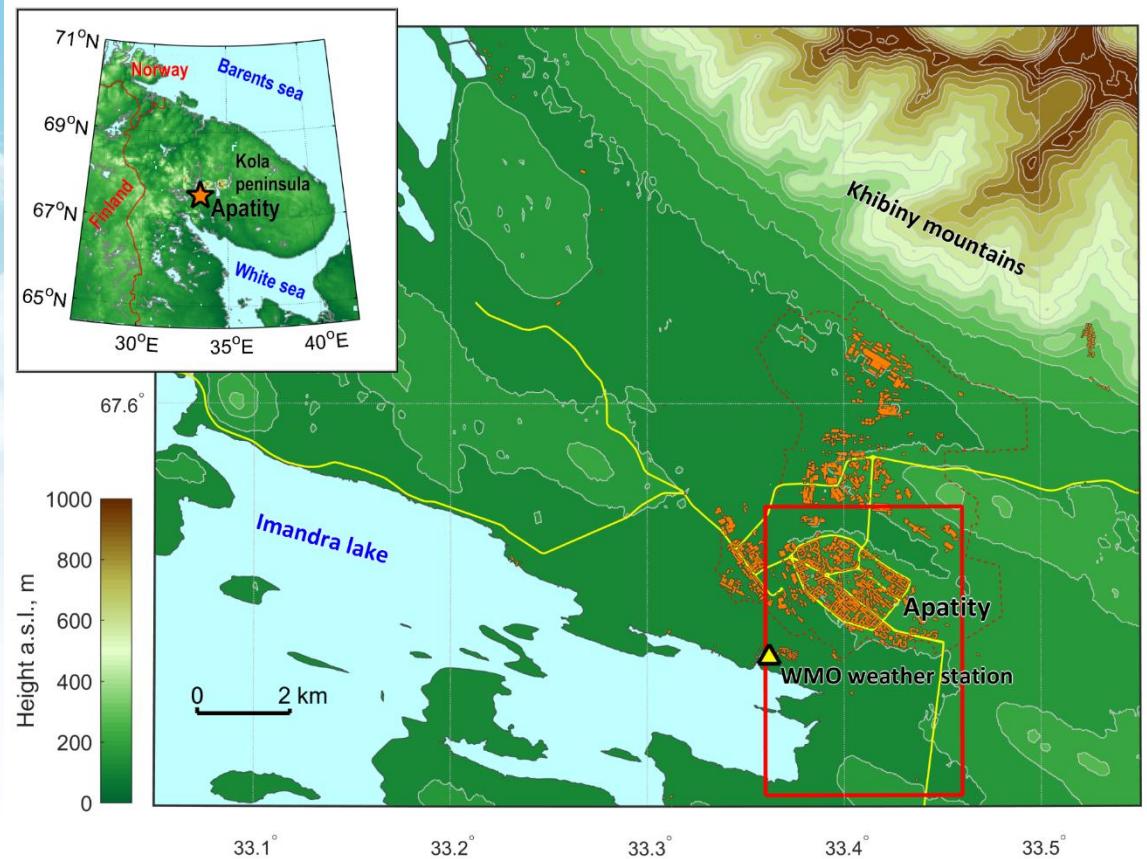
# Нюансы работы с данными наблюдений в городах

## Изоляция городских эффектов:

- Стандартный подход – сравнение наблюдений на городских и фоновых (загородных) метеостанциях
- Эти метеостанции должны быть репрезентативны для города и фона
- Эти станции должны **минимально различаться по влиянию других факторов** (рельеф, водные объекты, макроклимат)
- Загородная метеостанция должна быть за пределами зоны влияния города с учетом адвекции
- **Важно учитывать эволюцию типов земельного покрова во времени**

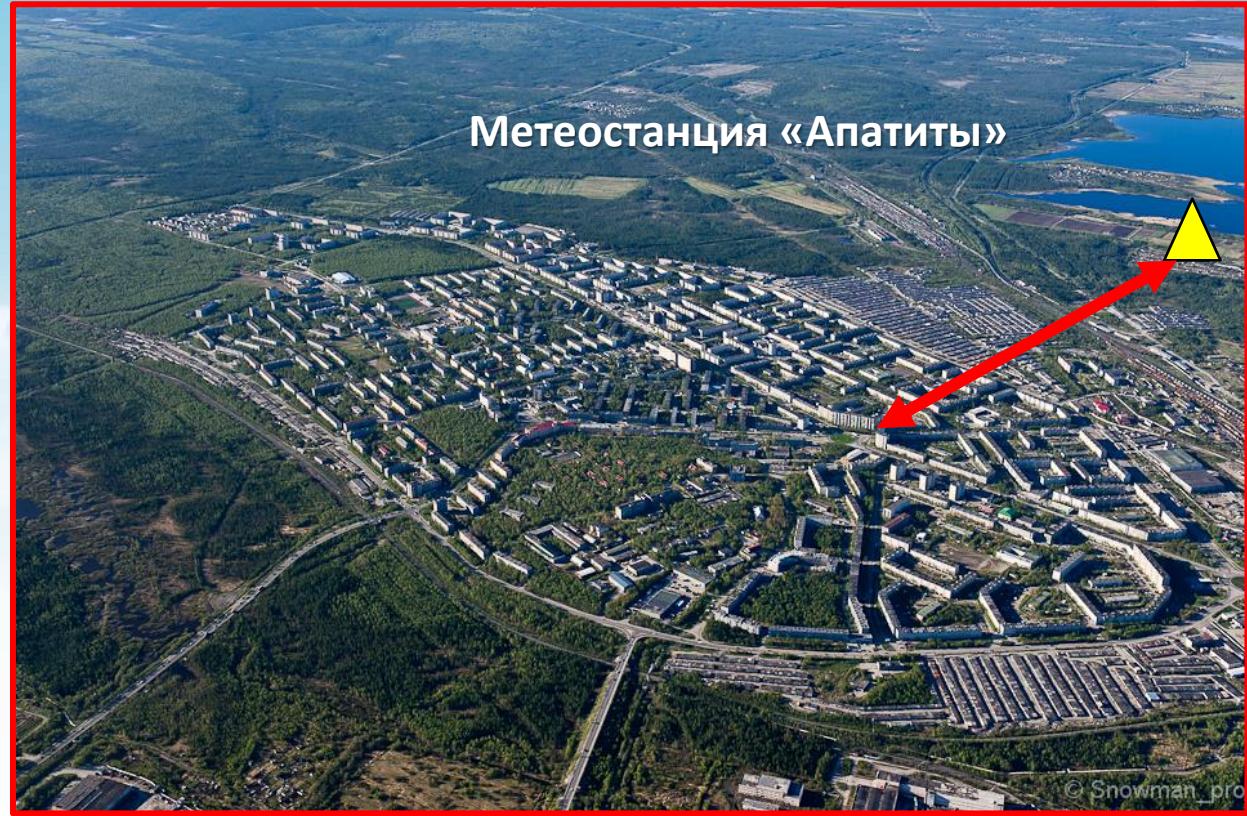


# Пример из личного опыта

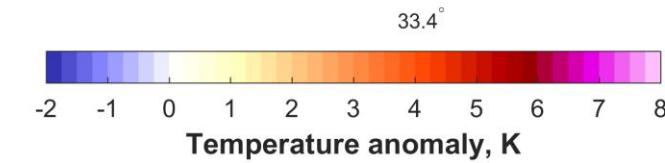
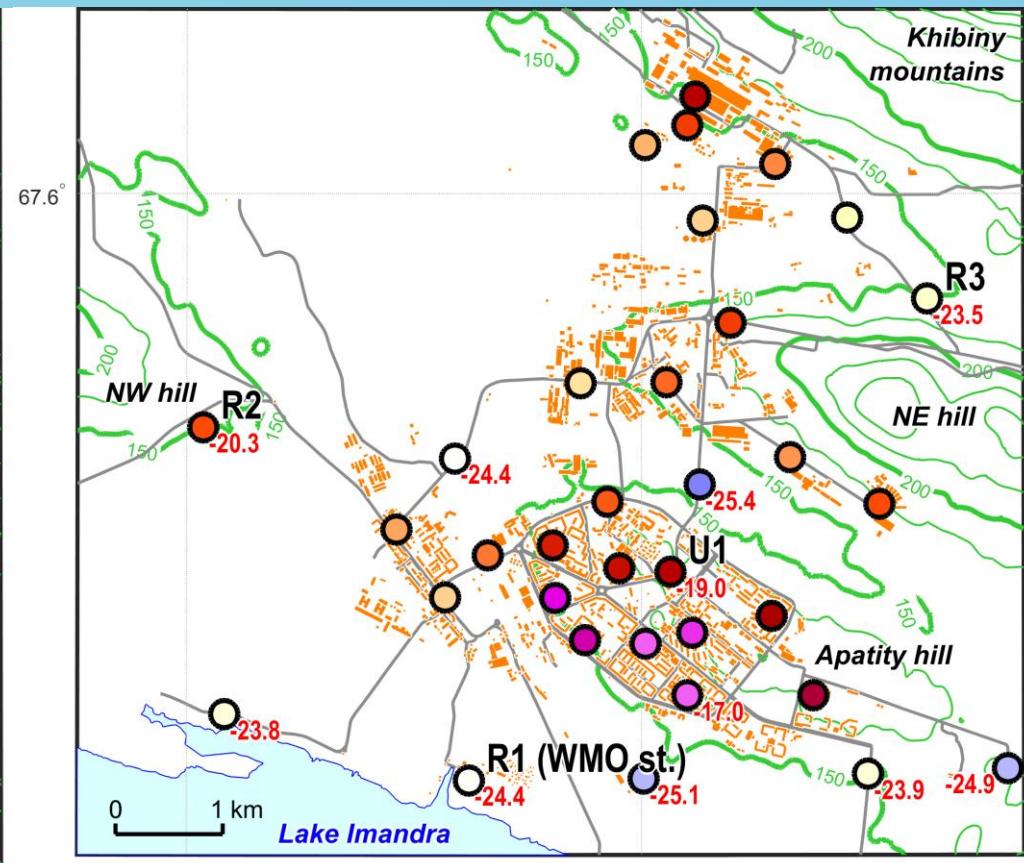
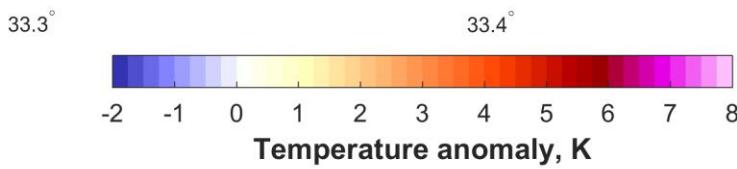
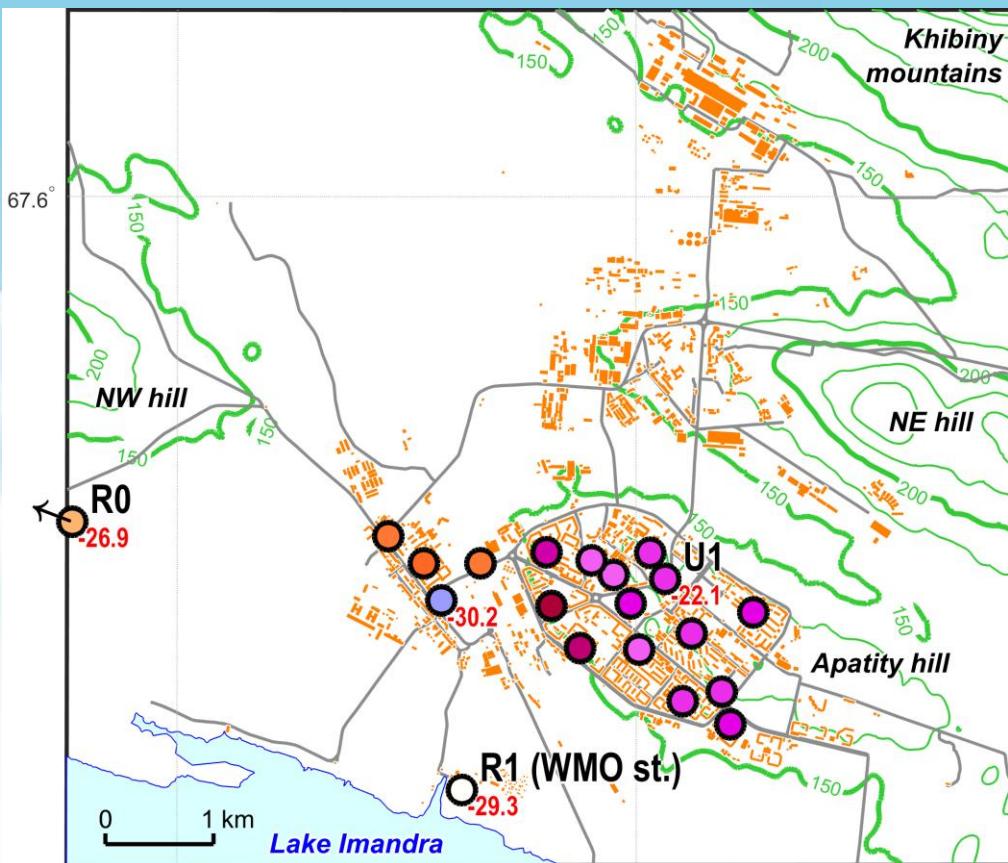


**Anthropogenic and natural drivers of a strong winter urban heat island in a typical Arctic city**

Mikhail Varentsov<sup>1,2</sup>, Pavel Konstantinov<sup>1,3</sup>, Alexander Baklanov<sup>4</sup>, Igor Esau<sup>5</sup>, Victoria Miles<sup>5</sup>, and Richard Davy<sup>5</sup>



# Пример из личного опыта



# Где брать данные метеостанций?

## Официальные источники данных (Россия):

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации– Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД), <http://meteo.ru/data>, срочные данные тут: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>)
- Территориальные подразделения Росгидромета (УГМСы), по запросу
- Веб-сайты региональных служб мониторинга, веб-скрейпинг

## Архив американской службы погоды (NOAA):

- Интерактивная карта <https://www.ncei.noaa.gov/maps/hourly/>
- Архив: <https://www.ncei.noaa.gov/data/global-hourly/archive/csv/>

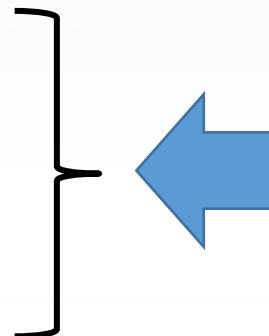
## Национальные метеослужбы других стран, например Германии:

[https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/CDC/observations\\_germany/climate/hourly/air\\_temperature/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/air_temperature/)

## Неофициальные источники официальных данных:

- <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php>
- <https://rp5.ru/>
- [https://meteostat.net/\\*](https://meteostat.net/*)
- <http://www.meteomanz.com/>

....



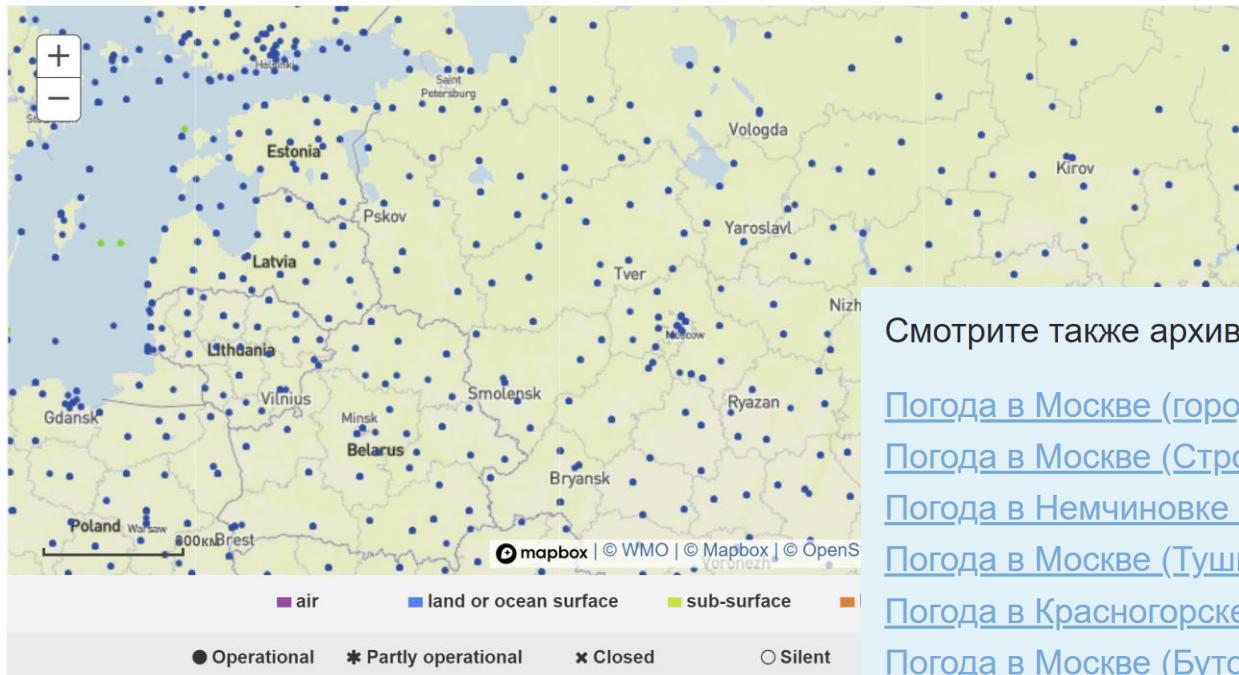
Протоколы обмена данными  
SYNOP, METAR, BURF

\*осторожно, возможно смешивание данных наблюдений и моделирования (включено по умолчанию, нужно отключить)

# Как найти метеостанции?

## Welcome to OSCAR/Surface

OSCAR/Surface is the World Meteorological Organization's official repository of WIGOS metadata for all surface-based observing stations and platforms. For more details on OSCAR, please visit the [About](#) section. For additional information about WIGOS, visit the [WIGOS Homepage](#).



## Каталог ВМО:

<https://oscar.wmo.int/surface//index.html#/>

- Поиск ближайших станций к уже найденной (<http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php>)
- Веб-сайты **региональных** подразделений национальных метеослужб

Смотрите также архив погоды в соседних городах и на ближайших метеорологических станциях:

[Погода в Москве \(город Москва, Россия\)](#) (9 км)

[Погода в Москве \(Строгино\) \(город Москва, Россия\)](#) (15 км)

[Погода в Немчиновке \(город Москва, Россия\)](#) (17 км)

[Погода в Москве \(Тушино\) \(город Москва, Россия\)](#) (17 км)

[Погода в Красногорске \(Московская область, Россия\)](#) (19 км)

[Погода в Москве \(Бутово\) \(город Москва, Россия\)](#) (21 км)

[Погода в Долгопрудном \(Московская область, Россия\)](#) (21 км)

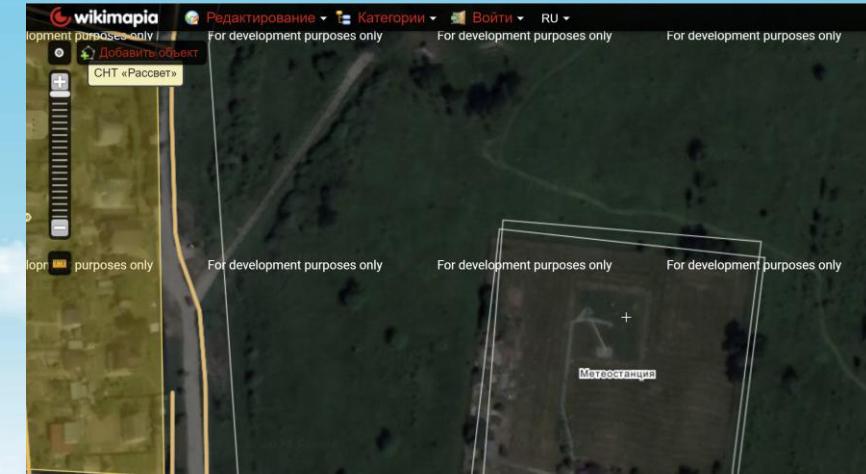
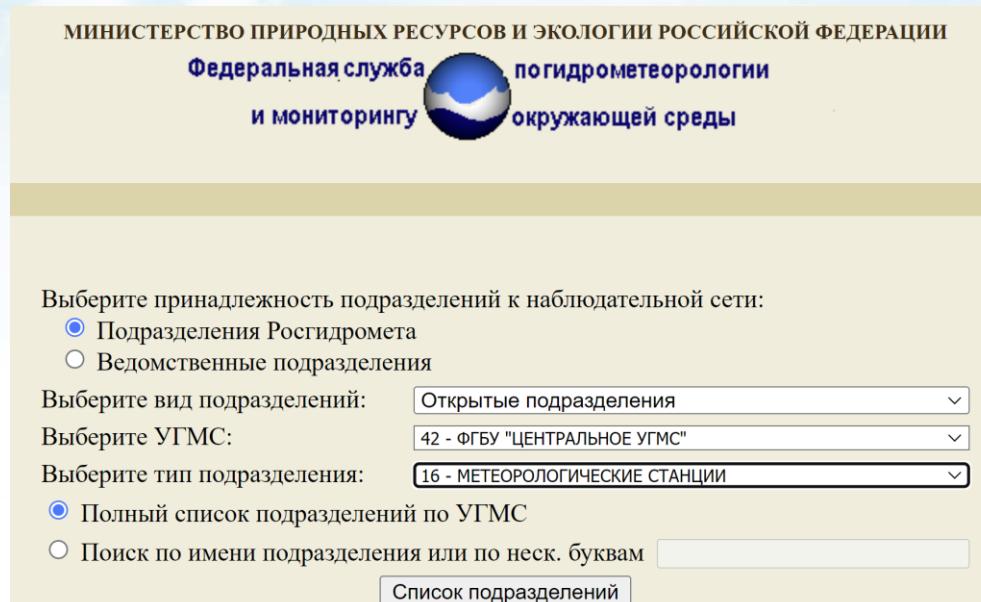
[Погода в Железнодорожном АМС \(Московская область, Россия\)](#) (21 км)

[Погода в Люберцах \(Московская область, Россия\)](#) (24 км)

[Погода в Внуково \(Московская область, Россия\)](#) (27 км)

# Точная локализация метеостанций

- Google/Яндекс карты
  - Wikimapia
  - Каталог наблюдательной сети Росгидромета  
[http://cliware.meteo.ru/goskom\\_cat/list/index.jsp](http://cliware.meteo.ru/goskom_cat/list/index.jsp) (нужна регистрация)
  - Статьи и прочие публикации
  - Искусственный интеллект?



**Дата открытия подразделения:** 19-12-2011

- 1. Управление по гидрометеорологии:** 42 - ФГБУ "ЦЕНТРАЛЬНОЕ УГМС"  
**Тип подразделения:** 18 - АВТ. Г/М НЕОБСЛУЖИВ. СТАНЦИИ  
**Код ЦГМС, к которому принадлежит подразделение:** 150 - МОСЦГМС
  - 2. Название сетевого подразделения:** ЭЛЕКТРОУГЛИ
  - 3. Код сетевого подразделения:** 3 18 42 009 0
  - 4. Водный объект:**  
код1: ; код2: ; наименование: ;
  - 5. Коды наблюдений и работ (см. ниже "[Классификатор наблюдений](#)")**
  - 6. Условные обозначения включения подразделения в списки:**

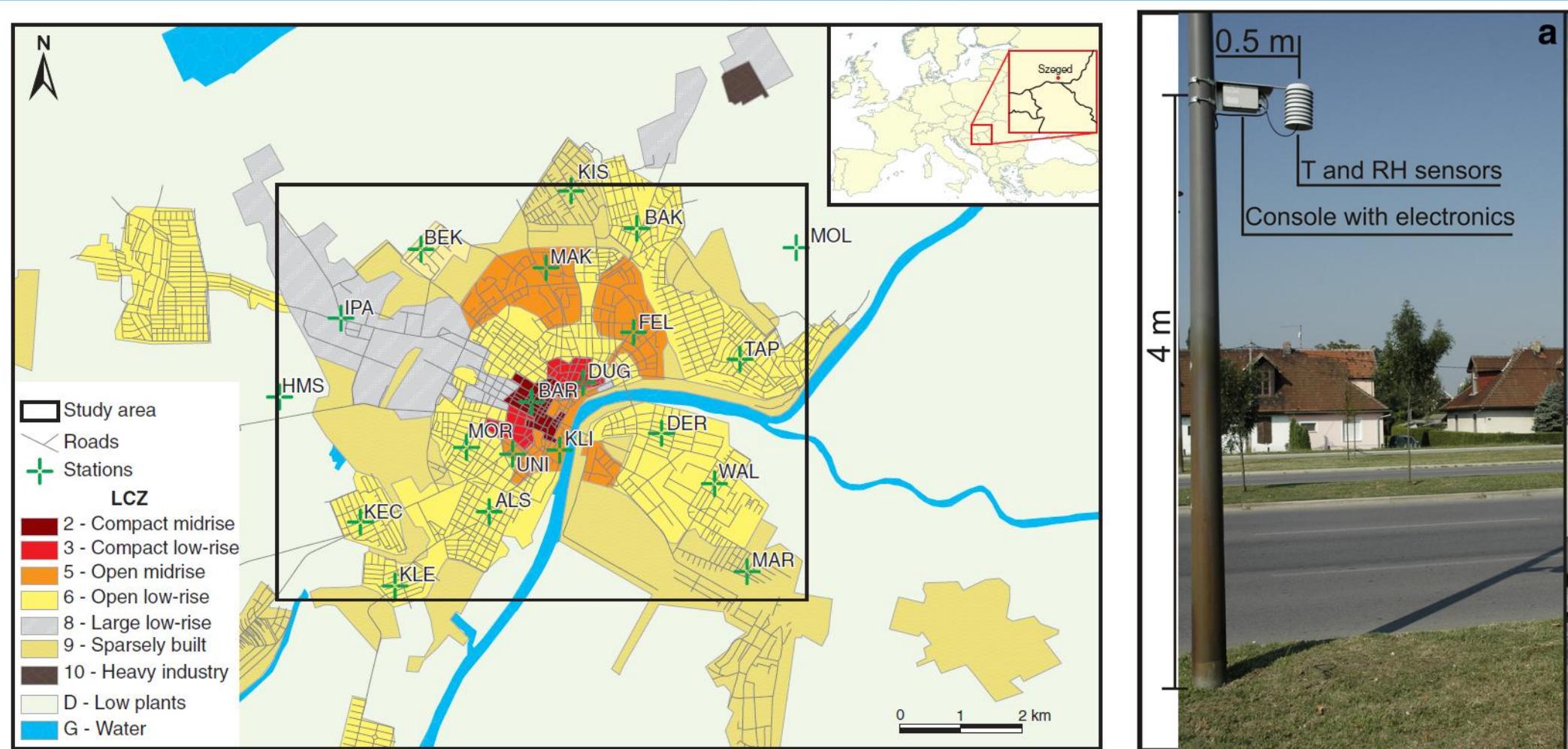
реперных /вековых $\chi_1=0$ : ВМО $\chi_2=0$ : труднодоступны

Категория НП в целом 3-основная							
Сети	Основные	Дополнительные	Репрезентативные	Неклассифицированные	Не принадлежащие	Неизвестные	
Климатическая/метеорологическая	X						
Агрометеорологическая					X		
Гидрологическая					X		
Морская					X		

# Специализированные наблюдения

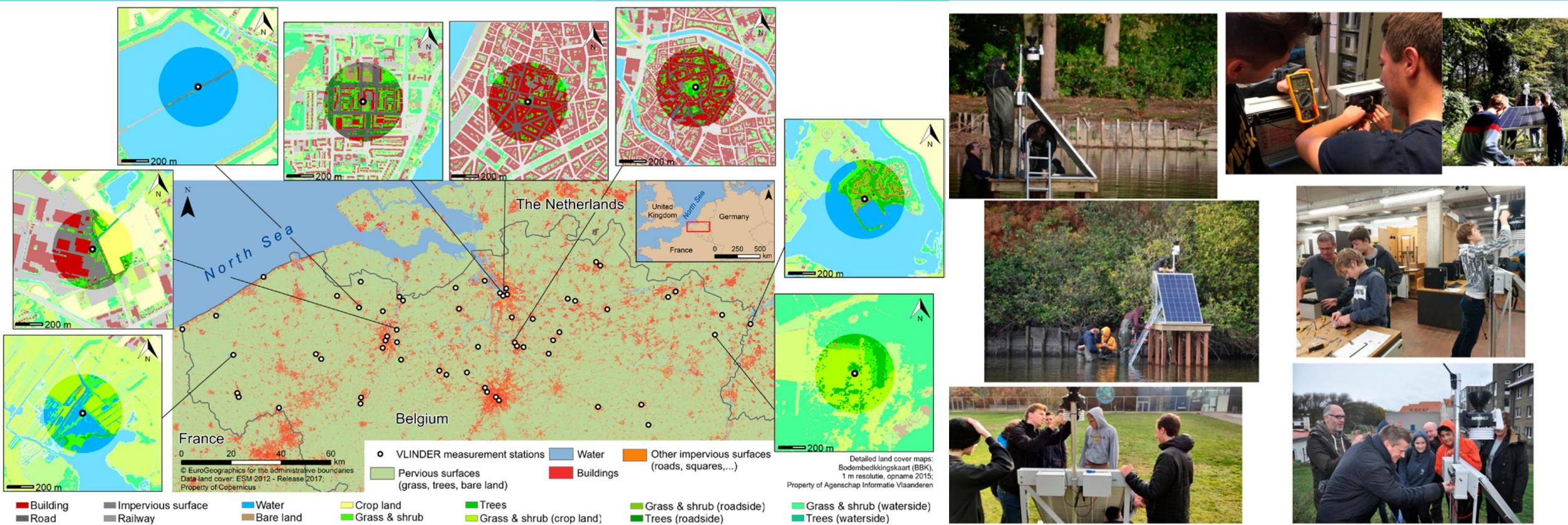


# Городские метеорологические сети



Skarbit et al. (2017) Employing an urban meteorological network to monitor air temperature conditions in the 'local climate zones' of Szeged, Hungary  
Šećerov et al. (2019) Progressing urban climate research using a high-density monitoring network system

# Городские метеорологические сети



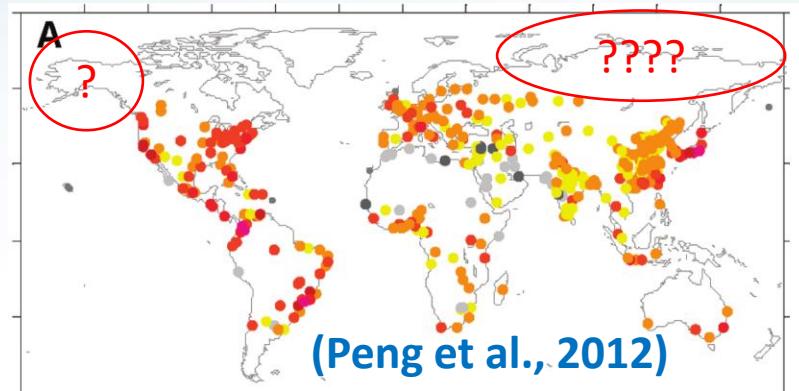
Сеть школьных метеостанций VLINDER (<https://vlinder.ugent.be/dashboard/>)

Caluwaerts et al. (2021) Engaging Schools to Explore Meteorological Observational Gaps

# Пример сети UHIARC

*Urban Heat Island Arctic Research Campaign*

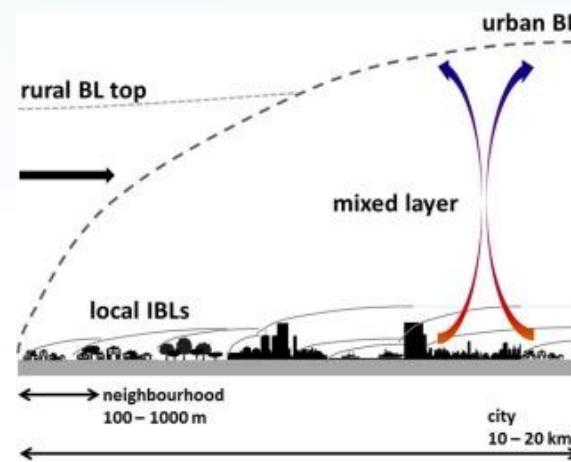
## 1. Географический аспект



## 2. Социальные и экономические вопросы (мерзлота, качество воздуха, отопление)

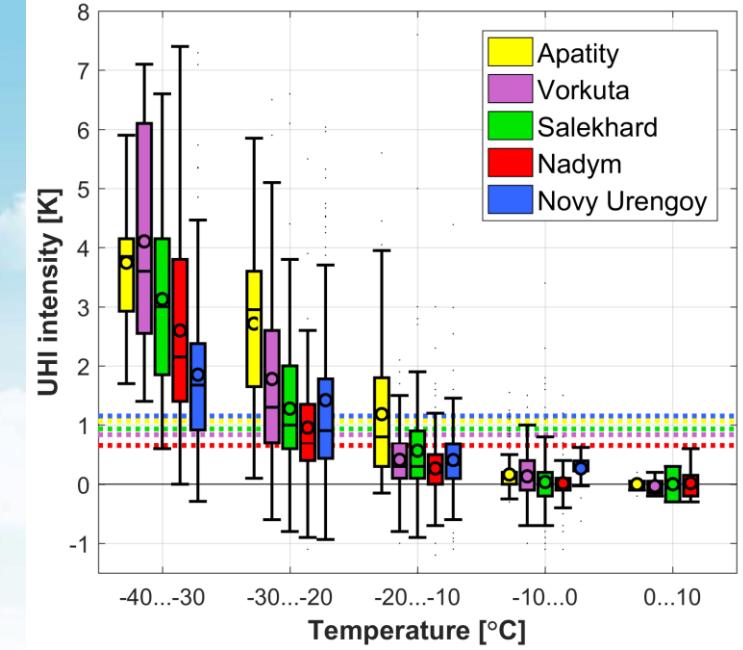
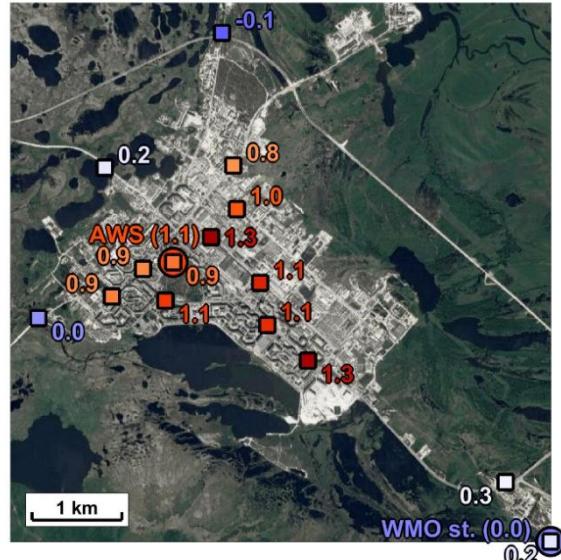
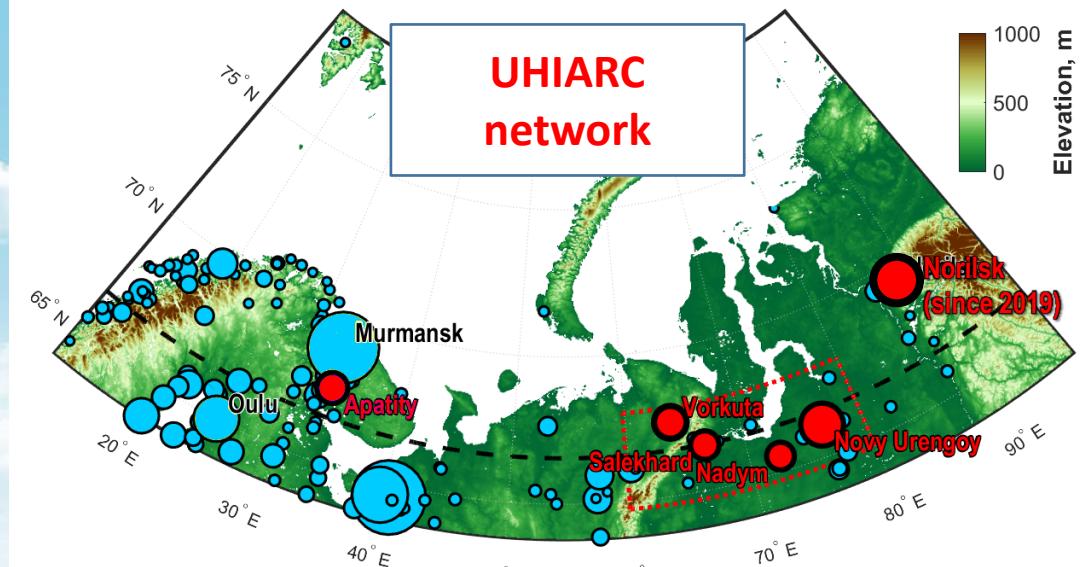


## 3. Арктические города как модельные объекты



# Пример сети UHIARC

*Urban Heat Island Arctic Research Campaign*

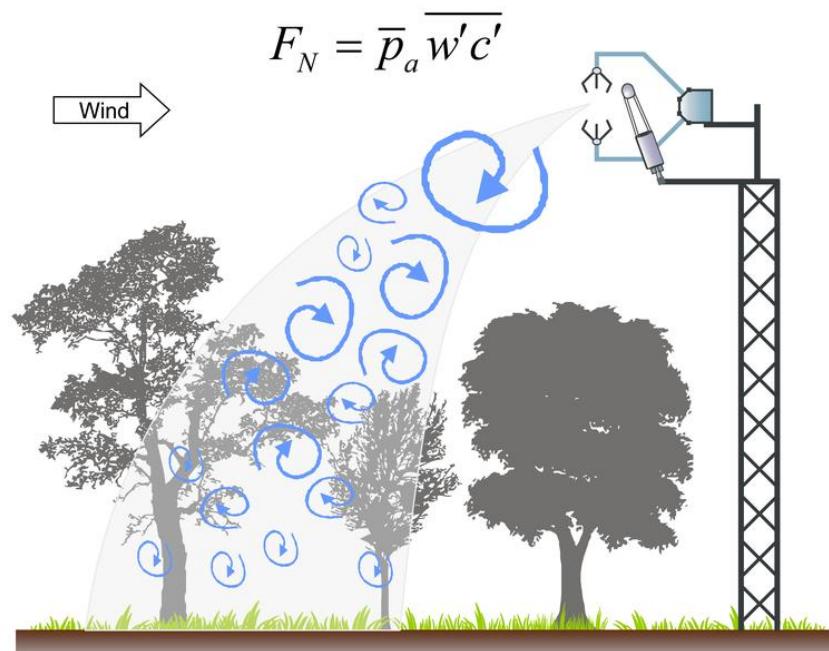
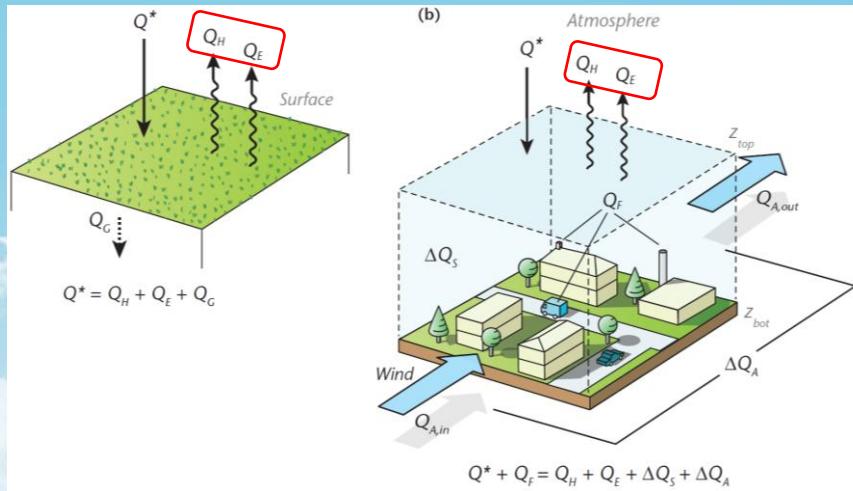


Dependence of the winter UHI intensity from air temperature

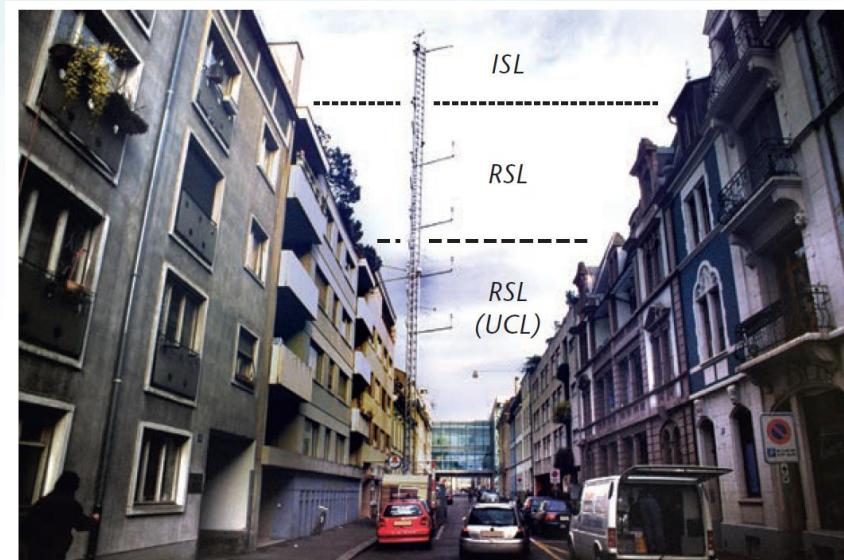


Konstantinov et al. (2018). A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic

# Наблюдения за теплообменом

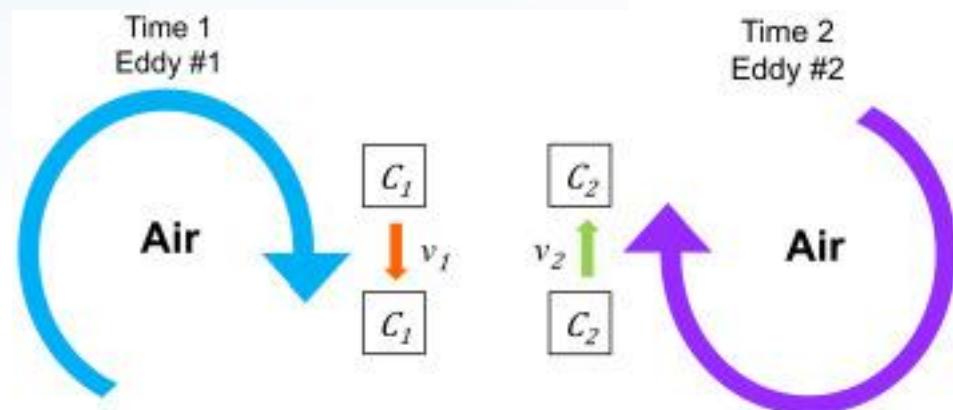
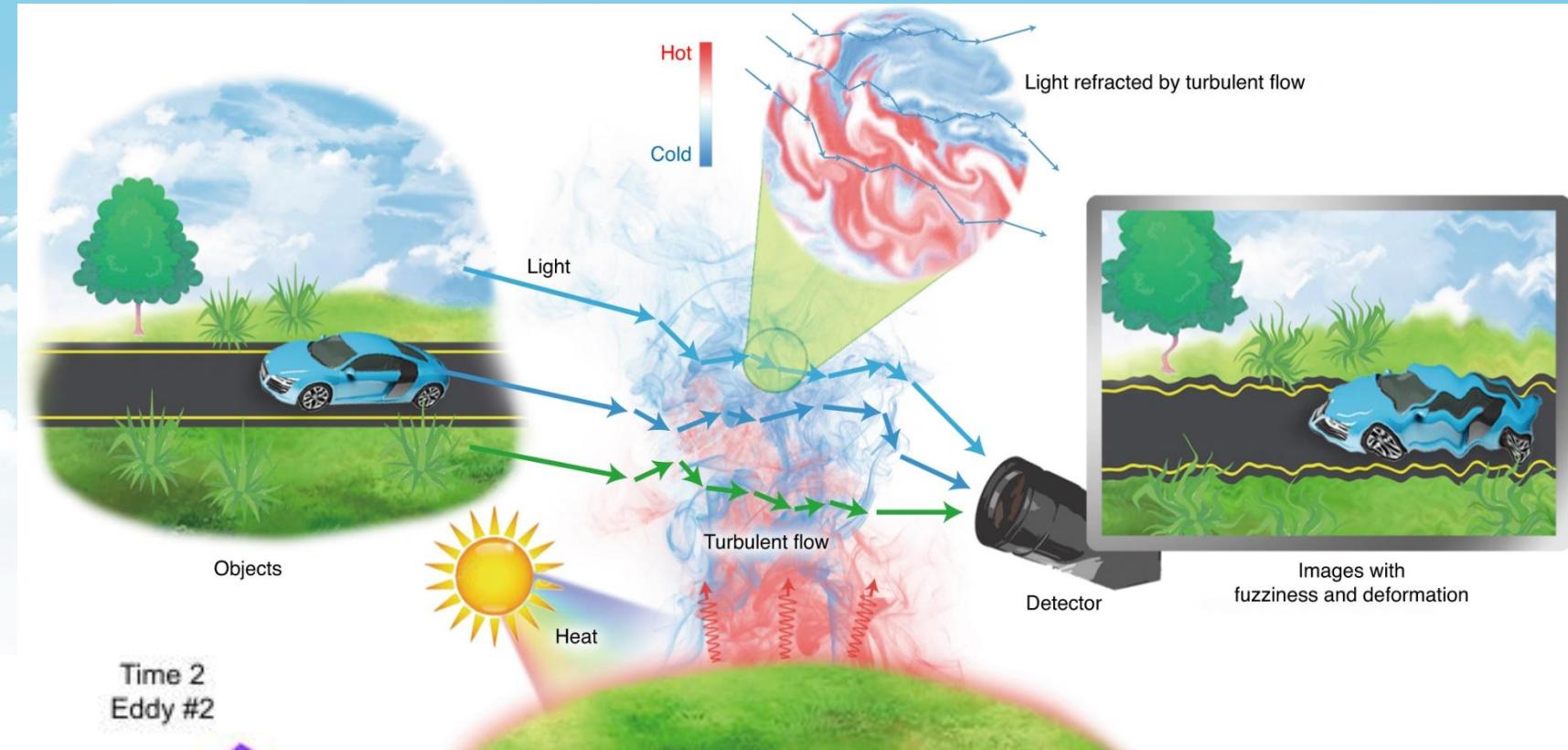
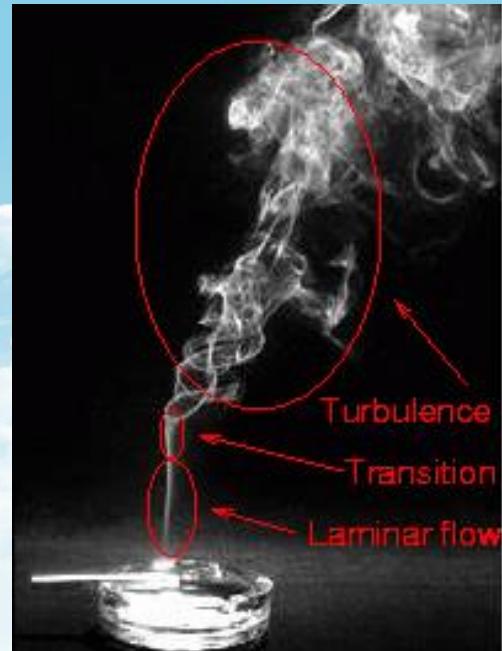


- Микроклимат территории определяется ее тепловым балансом, в который входят турбулентные потоки тепла ( $Q_h$ ,  $Q_e$ ).
- Потоки тепла, влаги и импульса – ключевые параметры взаимодействия атмосферы с поверхность, которые нужно описывать в моделях.
- Основным методом измерения турбулентных потоков является метод ковариации турбулентных пульсаций (eddy covariance).
- Для проверки моделей важны измерения выше уровня крыш, позволяющие измерить потоки от городского ландшафта в целом.
- Такие измерения требуют установки дорогостоящих мачт.

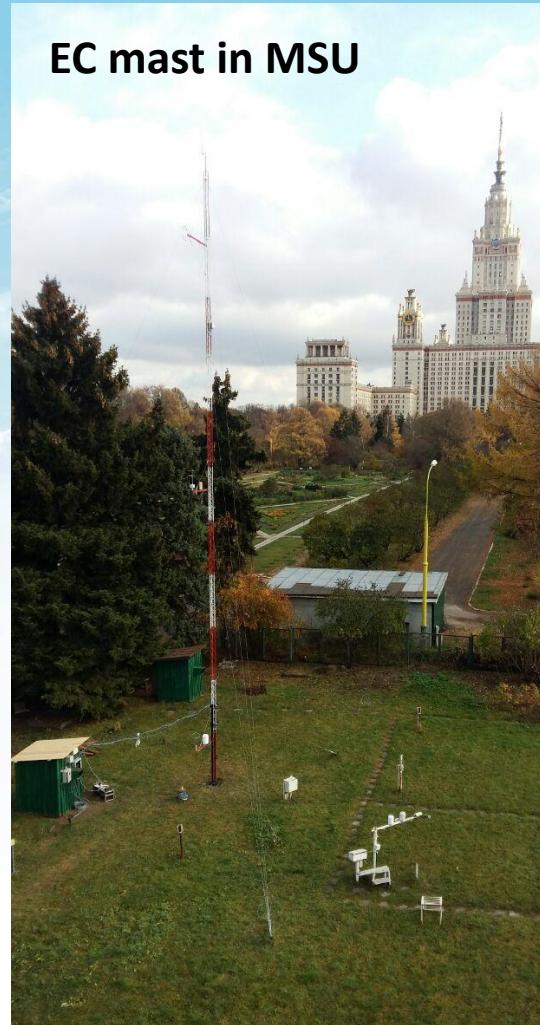
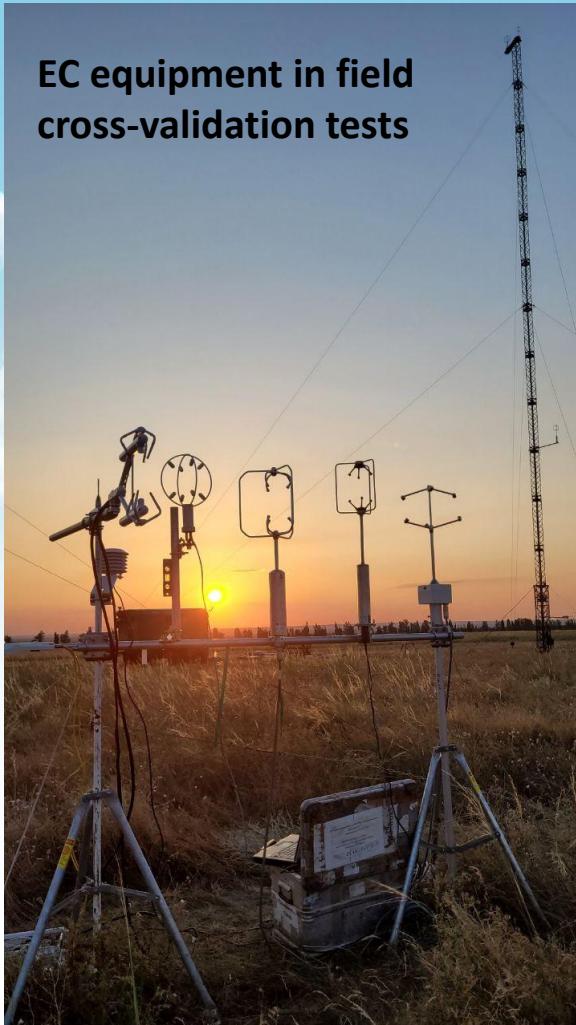


Эксперимент BUBBLE  
(Boundary Layer Measurements in Basel, [Rotach et al., 2005](#))

# Турбулентный энергообмен



# Наблюдения за энергообменом



# Наблюдения за энергообменом

MoscowMSU  
real-time data

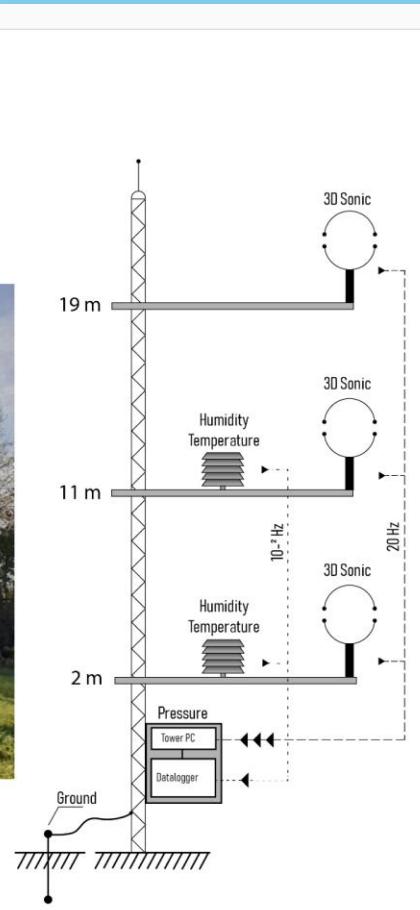
LEVEL 2.0 m  
Acoustic anemometer

LEVEL 11.0 m  
Acoustic anemometer

LEVEL 18.8 m  
Acoustic anemometer

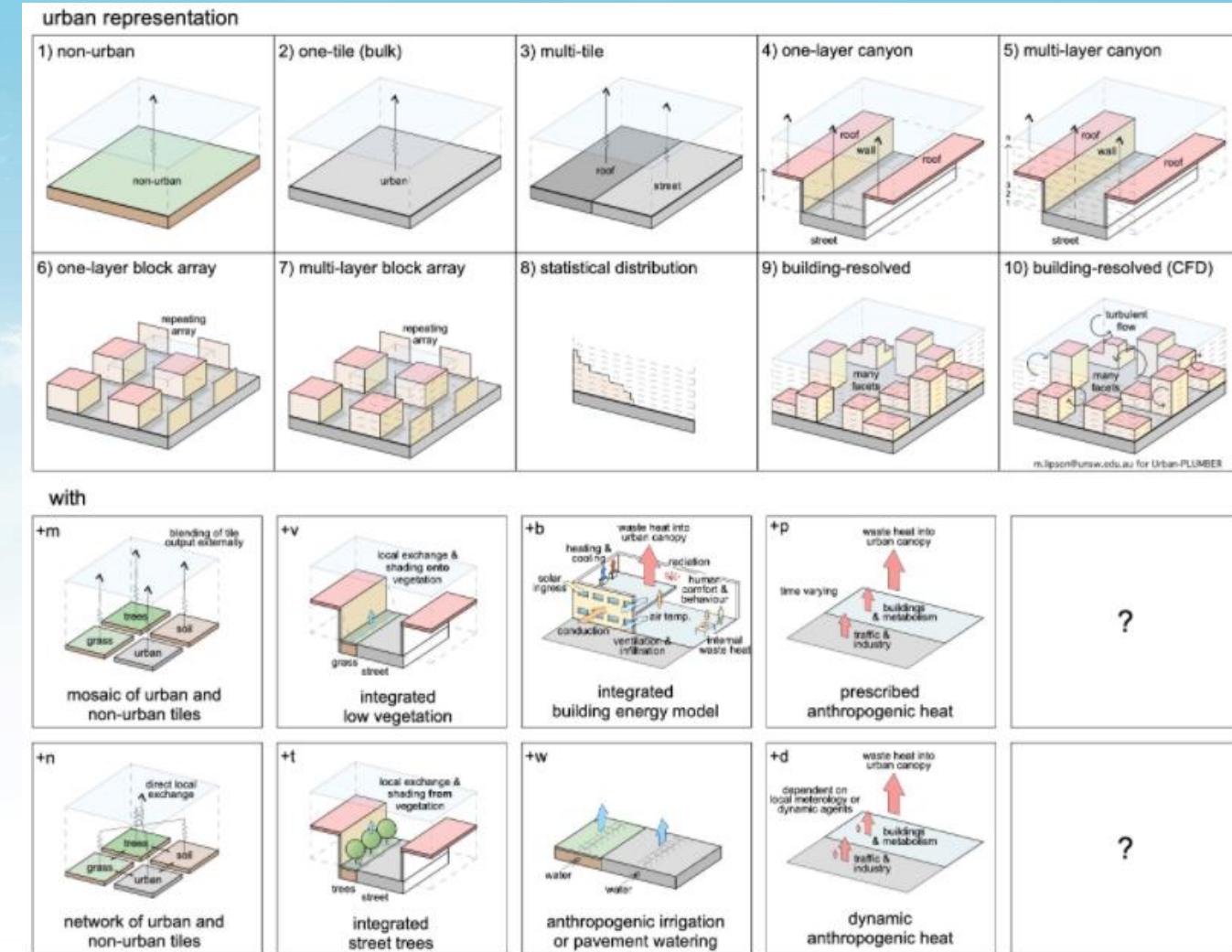
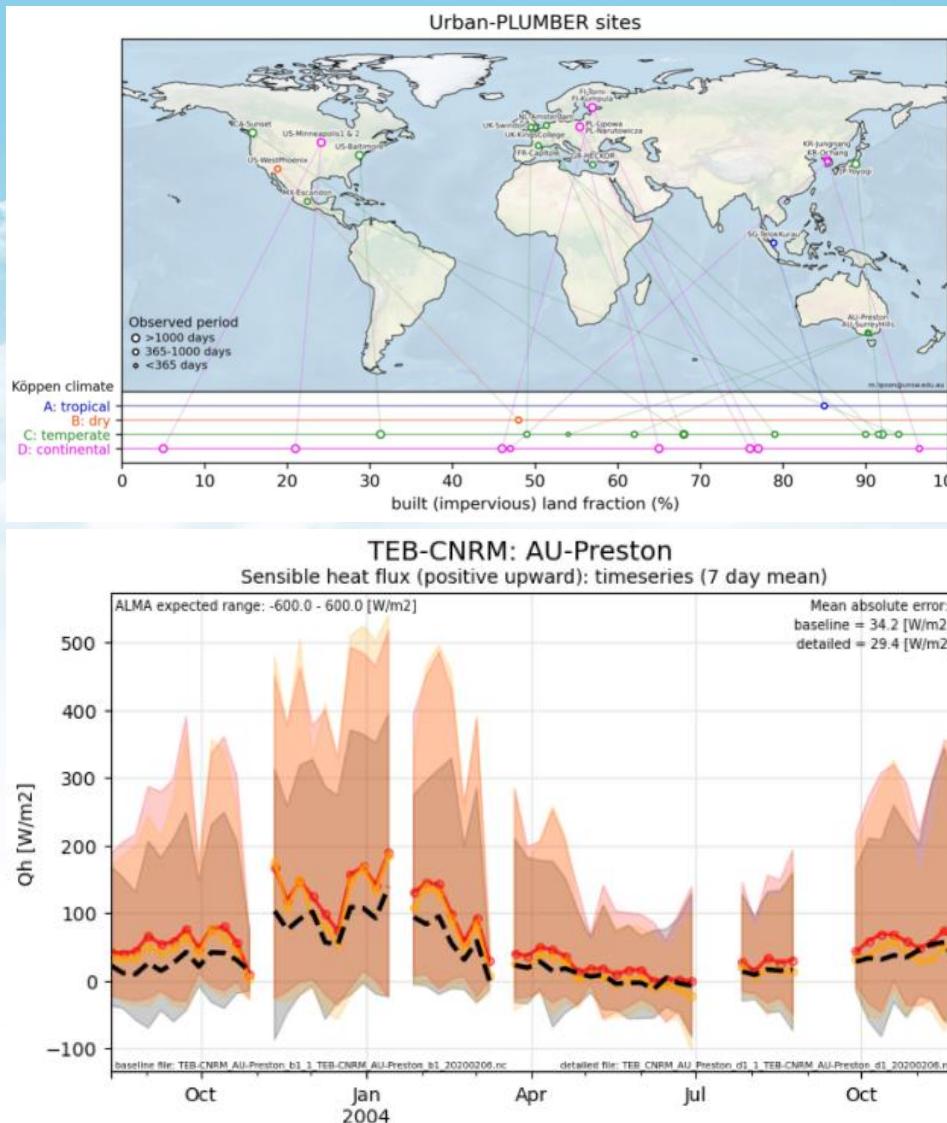
TOWER STATE

## MoscowMSU description



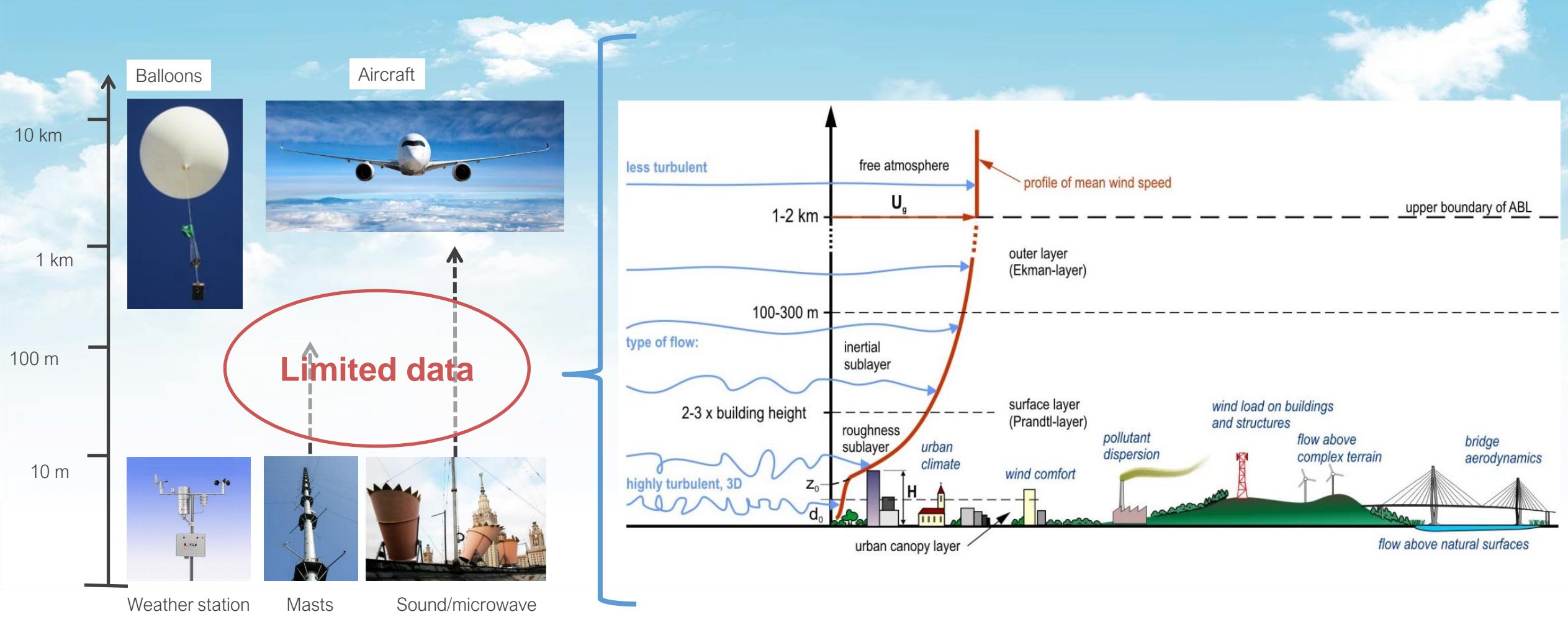
The 22 m tower at the corner of MSU Meteo Observatory area. Currently contains 3 levels of acoustic anemometers (A1, A2 and A3) mounted at 2, 11, and 19 m. We also have a bunch of other stuff (like humidity measurements etc) but haven't connect them to the server yet.

# Наблюдения за энергообменом

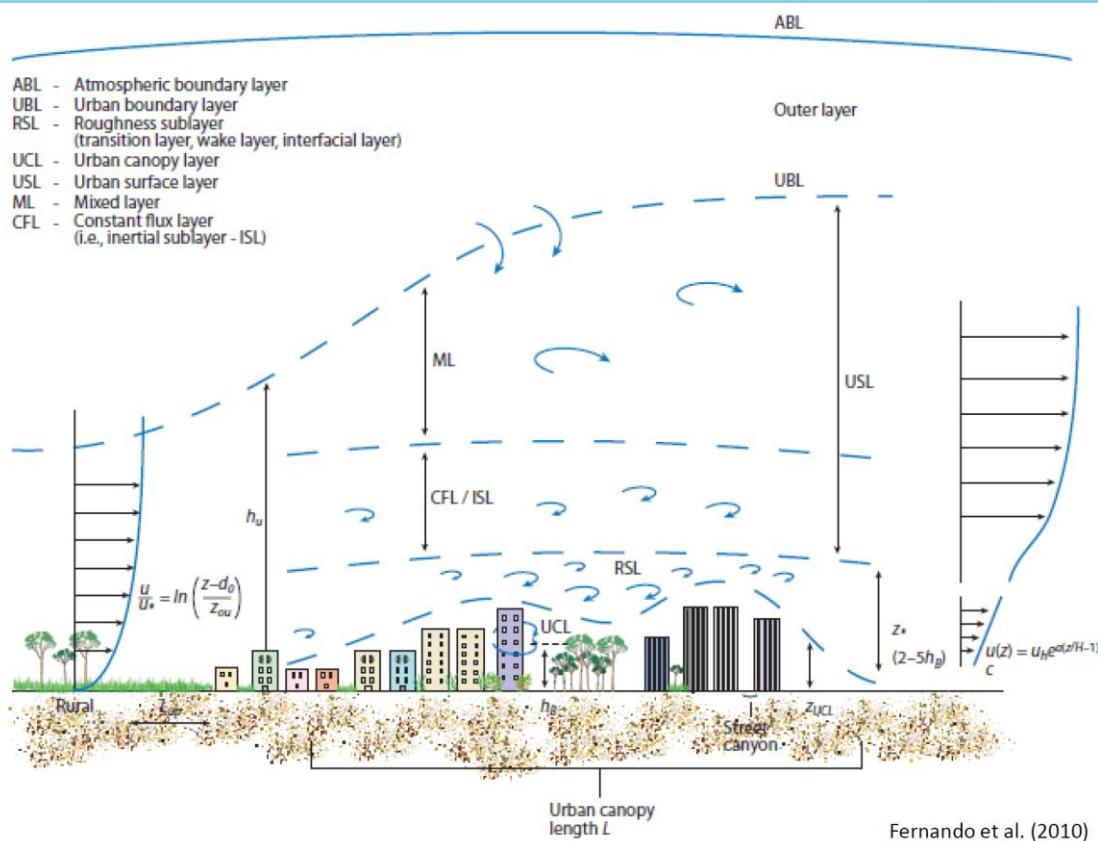


# Наблюдения в пограничном слое

Дефицит данных наблюдений выше уровня крыш

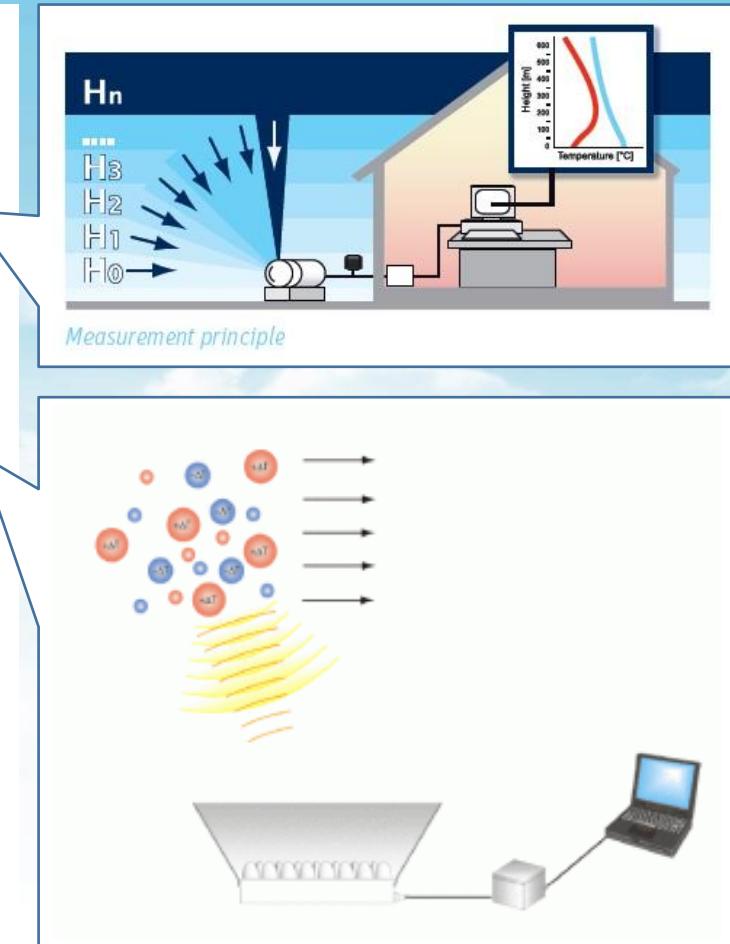


# Наблюдения в пограничном слое

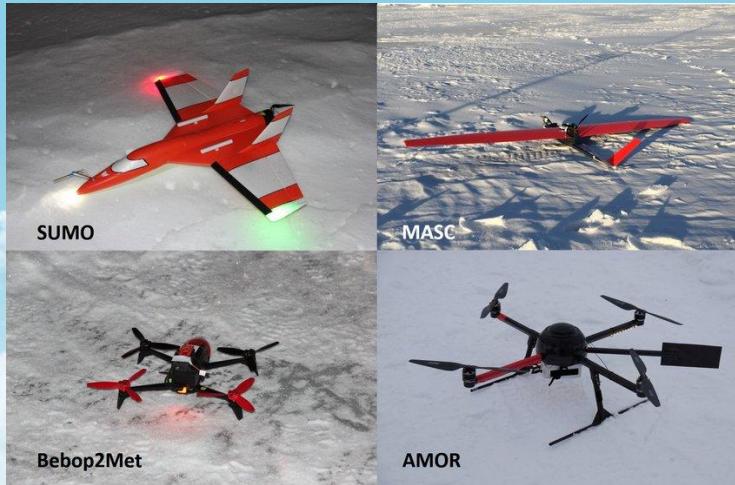


# Наблюдения в пограничном слое

Instrument system	Principle of operation	Purpose
<b>Radiometer</b>	Solar or infrared radiation	Passively measures radiant fluxes. Facing upwards instrument 'sees' down-welling fluxes. Facing downwards it 'sees' radiation emitted and/or reflected from the surface.
<b>Radar</b>	Radiowaves	Locates and tracks the movement of suspended materials in the atmosphere. Can be used to acquire information on airflow, aerosols, clouds and precipitation.
<b>Sodar</b>	Soundwaves	Measures the wind field in the urban atmosphere. Can be used to estimate the vertical wind profile and the turbulent state of the atmosphere up to a few hundred metres.
<b>Microwave wind profiler</b>	Microwaves	Measures the wind field (can include all three components) in the atmosphere and the overlying troposphere. Can be used to estimate the turbulent state of the atmosphere.
<b>RASS</b>	Microwaves / Soundwaves	A combination of sodar and microwave wind profiler. Measures simultaneously air temperature and wind profile in the atmosphere up to at least 1.5 km.
<b>Lidar</b>	Light (Monochromatic laser)	Facing upwards, locates aerosols and clouds droplets. Can be used to determine mixing depth, cloud base and thermal inversions. By tracking movements of aerosols some systems can also infer wind and turbulence. Facing downwards, it can acquire a digital surface model of an urban environment (e.g. buildings, trees).
<b>Scintillometer</b>	Light (Monochromatic laser)	Measures the refractive index of air which changes with turbulent air temperature and humidity fluctuations. Oriented horizontally it can be used to obtain area-averaged convective fluxes over an urban area.



# Наблюдения в пограничном слое



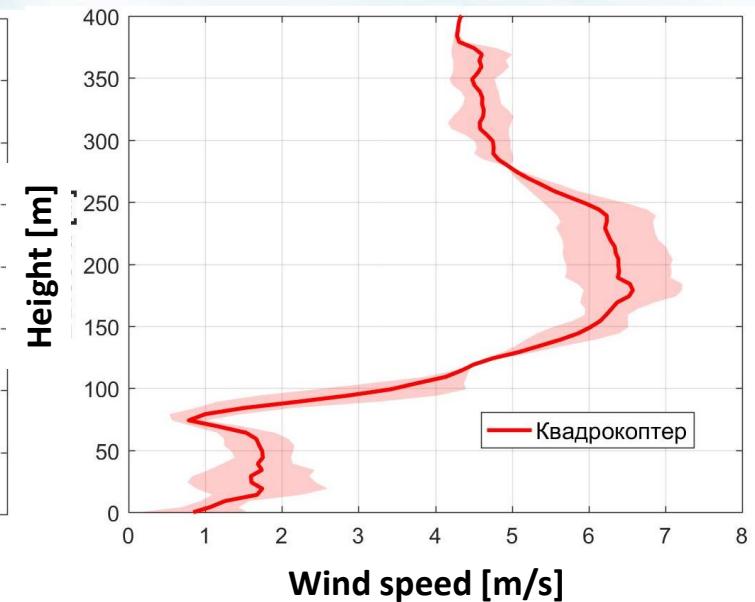
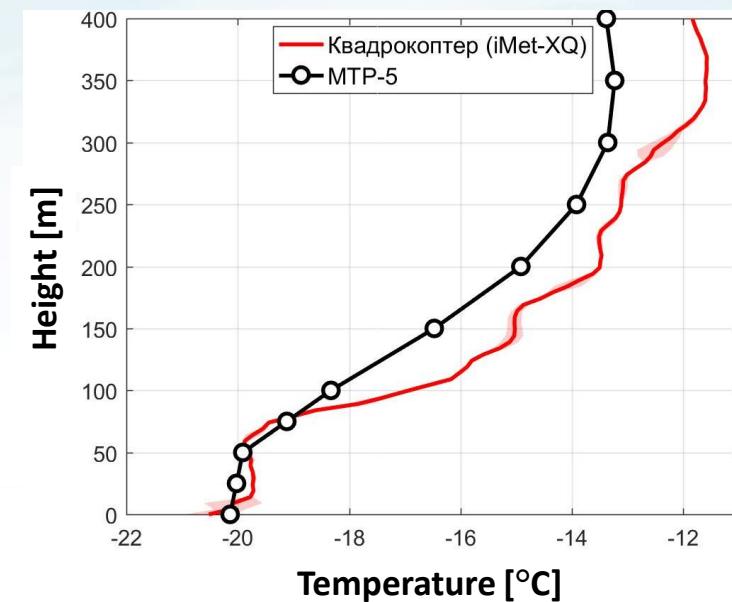
CopterSonde (Segales et al., 2020)



Meteodrone  
([www.meteomatics.com](http://www.meteomatics.com))



Measurements with mass-market DJI drones  
by MSU and IAP team



# Наблюдения в пограничном слое



Meteodrone SSE

Number of engines	6
Take-off weight	ca. 1.1 kg
Dimensions	40 x 40 cm
Max. climb rate	10 m/s
Max. wind speed	100 km/h
Max. flight altitude*	1'500 m
Max. flight duration	ca. 12 min

Measured parameters:

- Sample rate	250 ms	250 ms	250 ms
- Temperature	✓	✓	✓
- Wind speed	✓	✓	✓
- Wind direction	✓	✓	✓
- Dew point	✓	✓	✓
- Air pressure	✓	✓	✓

Optional parameters:

- Particular matter/ black carbon	X	✓	✓
- Ozone	X	✓	✓
- Radioactivity	X	✓	✓

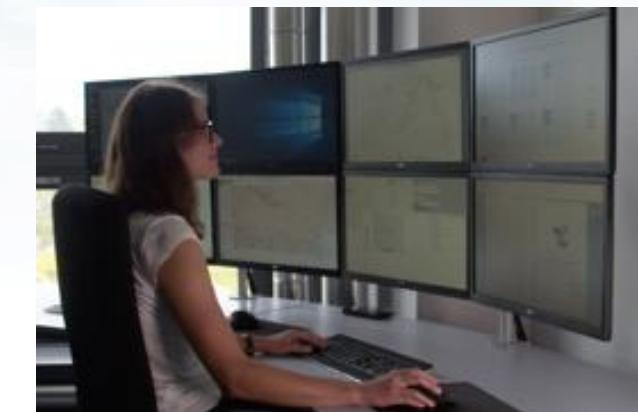


Meteodrone MM-670



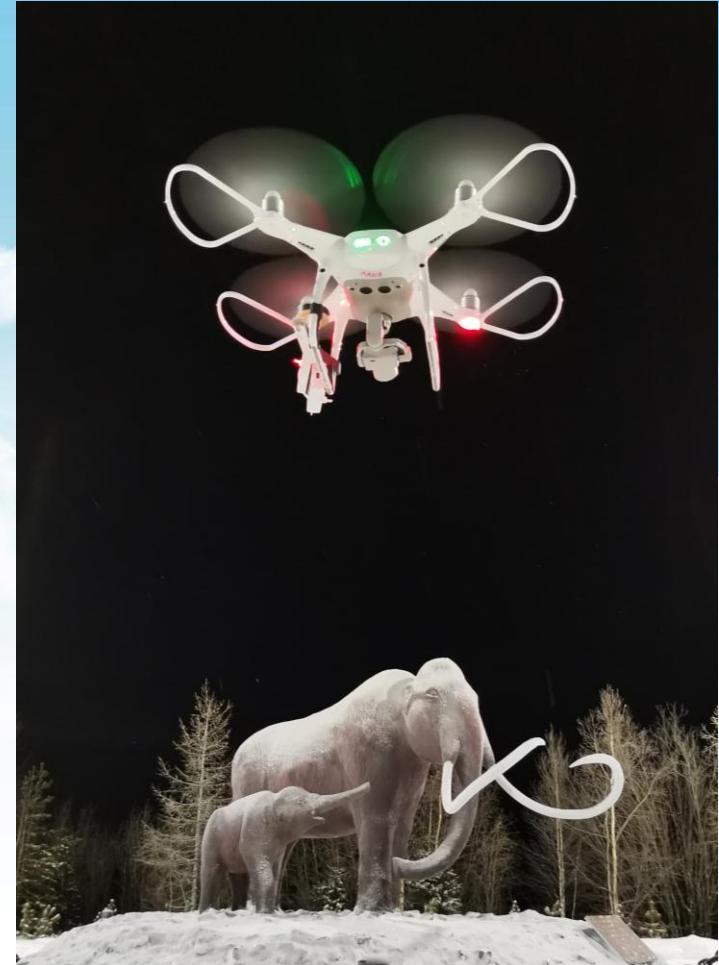
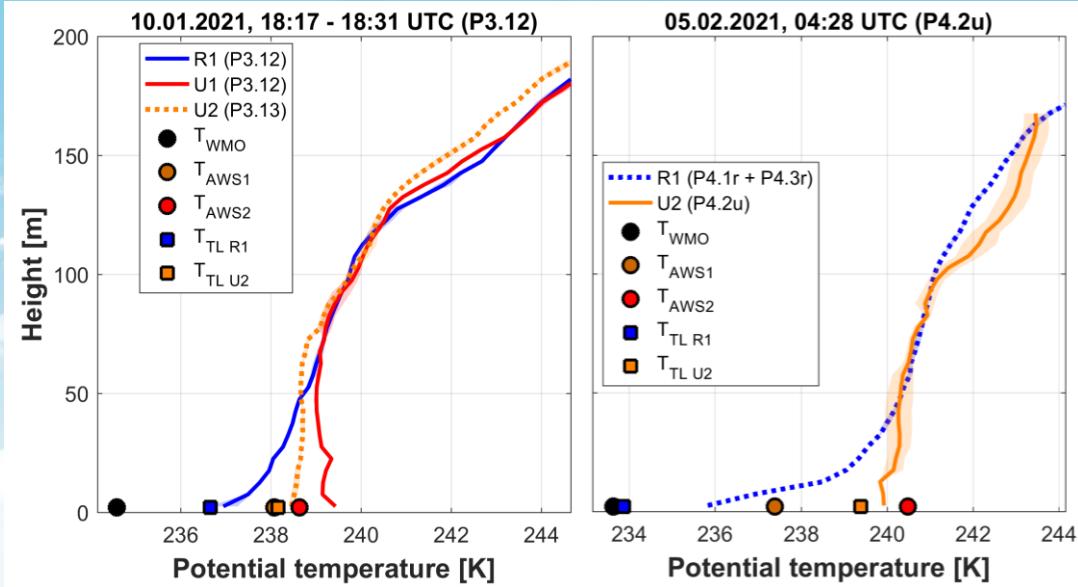
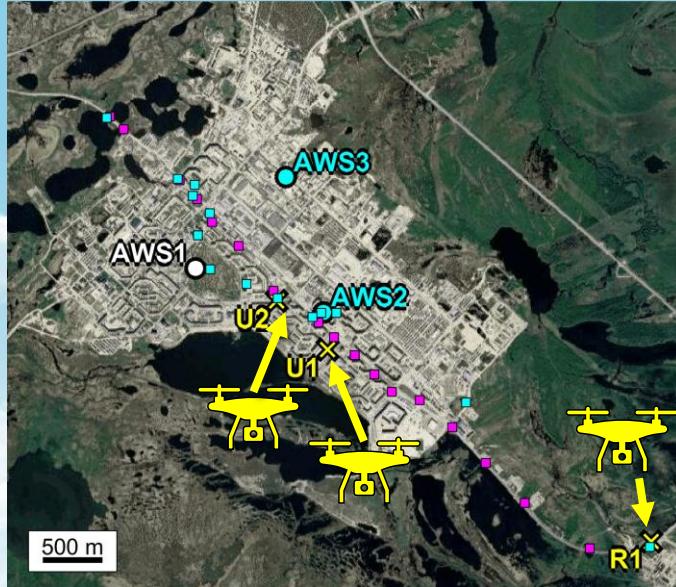
Meteodrone MM-670 ML

MeteoBase – a remote platform



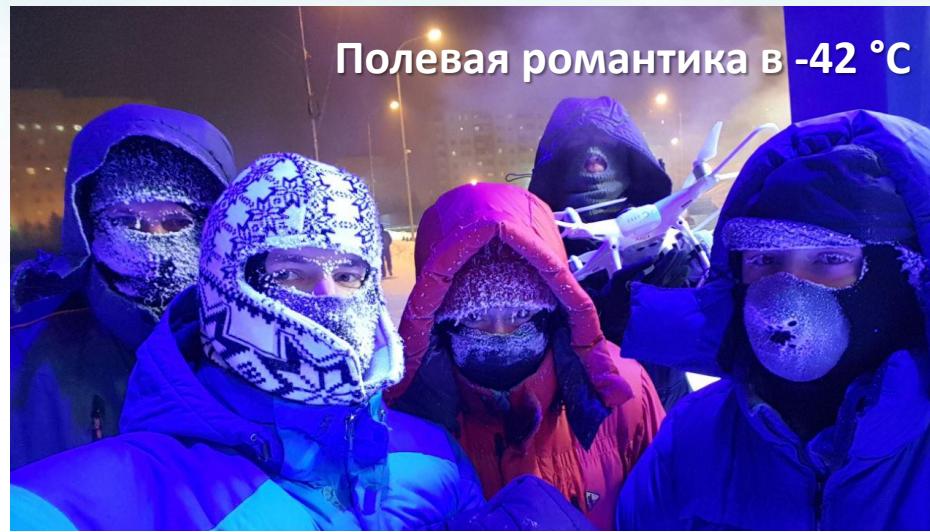
Our flight operations center

# Наблюдения в пограничном слое



Observations of the urban boundary layer in a cold climate city

Mikhail Varentsov<sup>a, bc, \*</sup>, Pavel Konstantinov<sup>a</sup>, Irina Repina<sup>a, b, c</sup>, Arseniy Artamonov<sup>b</sup>, Alexander Pechkin<sup>d</sup>, Andrei Soromotin<sup>e</sup>, Igor Esau<sup>f</sup>, Alexander Baklanov<sup>g</sup>



Полевая романтика в -42 °C

# Доступ к данным

- Научные публикации
- Веб-сайты научных организаций
- Репозитории
  - <https://zenodo.org/>
  - <https://figshare.com/>
  - <https://github.com/>
  - <https://www.researchgate.net/>

The screenshot shows a Zenodo dataset page. At the top, there's a navigation bar with the Zenodo logo, a search bar containing 'Search records...', and links for 'Communities' and 'My dashboard'. Below the search bar, it says 'Published March 15, 2023 | Version v1' and features two buttons: 'Dataset' and 'Open'. The main title of the dataset is 'Hourly Air Temperature Datasets from city of Novi Sad - NSUNET system'. Below the title, it lists four contributors: Stevan Savic<sup>1</sup> (ID), Ivan Secerov<sup>1</sup> (ID), Jelena Dunjic<sup>1</sup> (ID), and Dragan Milosevic<sup>1</sup> (ID). There are 'Show affiliations' buttons next to each name. Further down, it shows 'Data collector: Jelena Dunjic<sup>1</sup> (ID)' and 'Data manager: Ivan Secerov<sup>1</sup> (ID)'. A detailed description follows: 'This dataset captures hourly air temperature data from 12 urban sites in Novi Sad (Serbia) over a period of 2 years covering 2016 and 2017 (measurement time is in UTC). There are 2 datasets in the collection: one dataset provides details about the 12 sites at which the temperature sensors are placed (Table 1, excel file), while the second file contains air temperature data at the 12 locations (.csv file). In all, the second dataset contains 17,544 instances of air temperature data. The temperature data has been cleaned and gap-filled so there are 24 measures at each site for each day. There are multiple potential uses for this data. It can provide insights when trying to understand intra-urban and inter-urban research, urban climate modeling on local or micro scales, heat-related public health investigations and urban environment inquiries. It can also be used in machine learning experiments, for example, to test the accuracy of classification algorithms or to build and validate spatio-temporal machine learning functions, either for classification purposes or for gap filling.'

# Дистанционное зондирование из космоса



# Дистанционное зондирование Земли



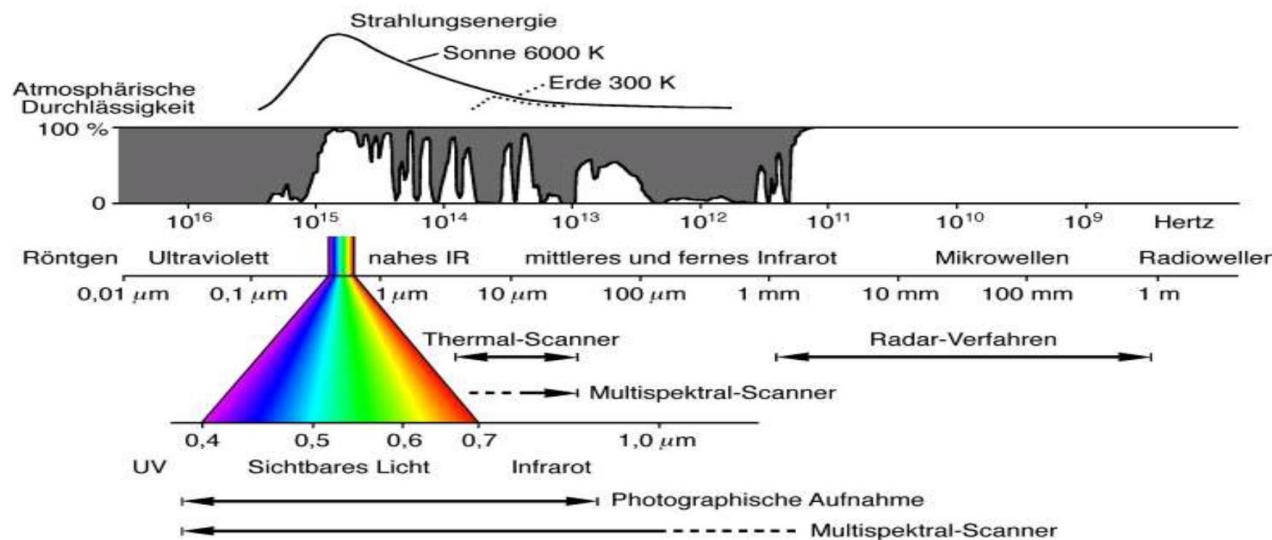
reflected



emitted



active



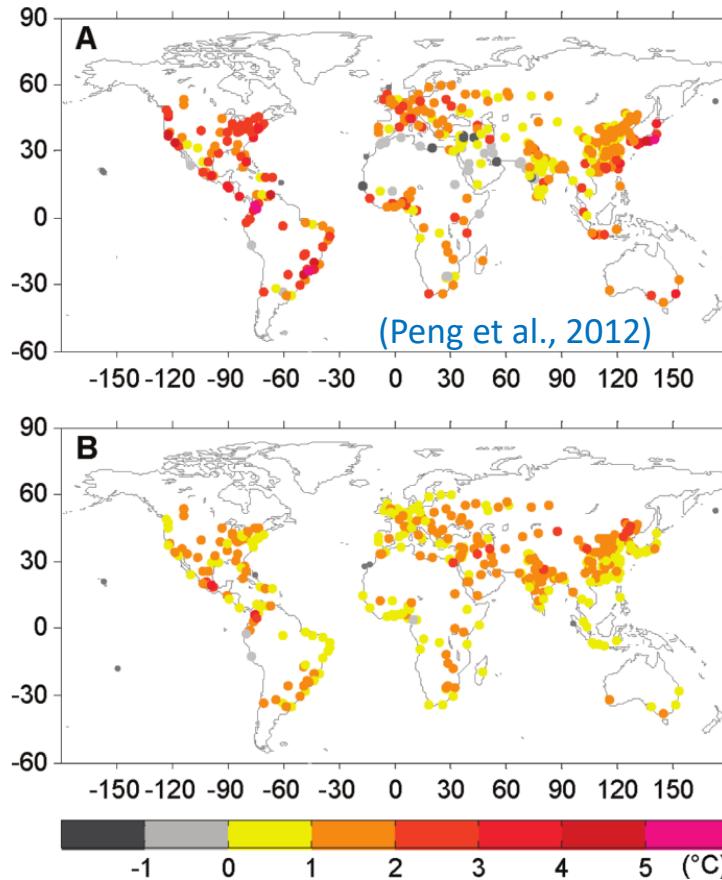
$$L_\lambda(T) = \varepsilon_\lambda B_\lambda(T)$$

"LST is often referred to as the "skin" temperature, or radiometric temperature, and should not be confused with near surface air temperature, which is the temperature of the air near the surface as routinely measured at meteorological stations and included in daily weather reports. Instead, the **LST is a direct measure of how hot or cold the surface of the Earth would feel to the touch.** For bare soil surfaces, the LST is the temperature of the top few micrometers of the soil surface, while for dense vegetation it is the temperature of the leaves of the canopy. For sparse vegetation, it is the ensemble temperature of the canopy, the understory (limbs, branches, etc.), and the soil surface."



# ДЗЗ в городской климатологии

Сравнение различных городов  
в рамках единообразной методики



Детальное изучение  
пространственных закономерностей

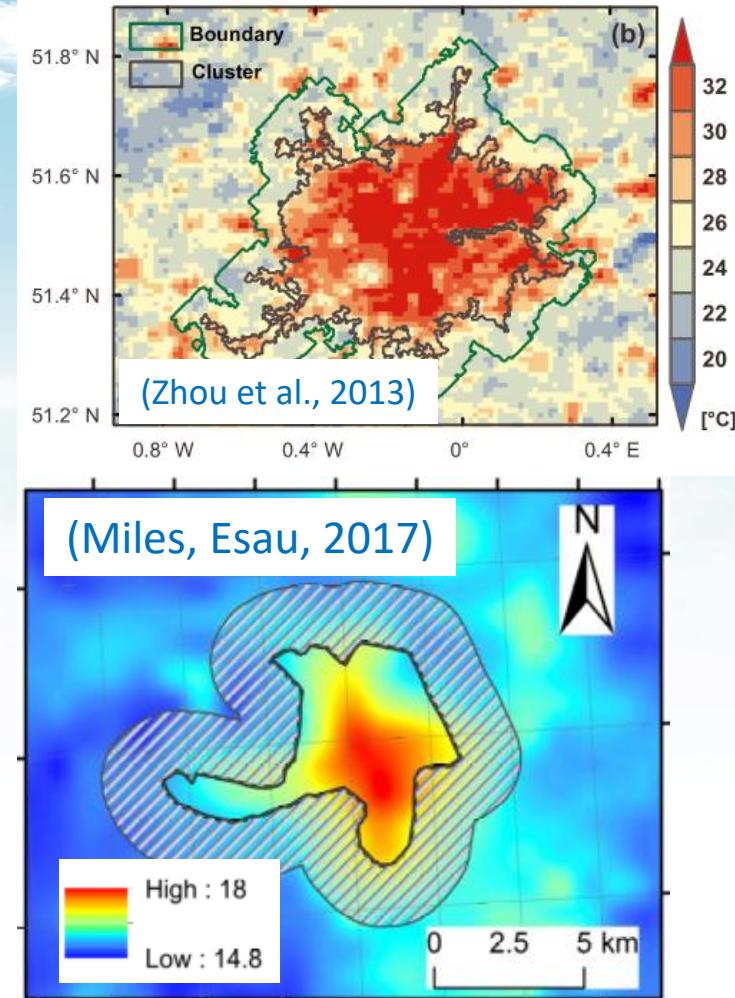
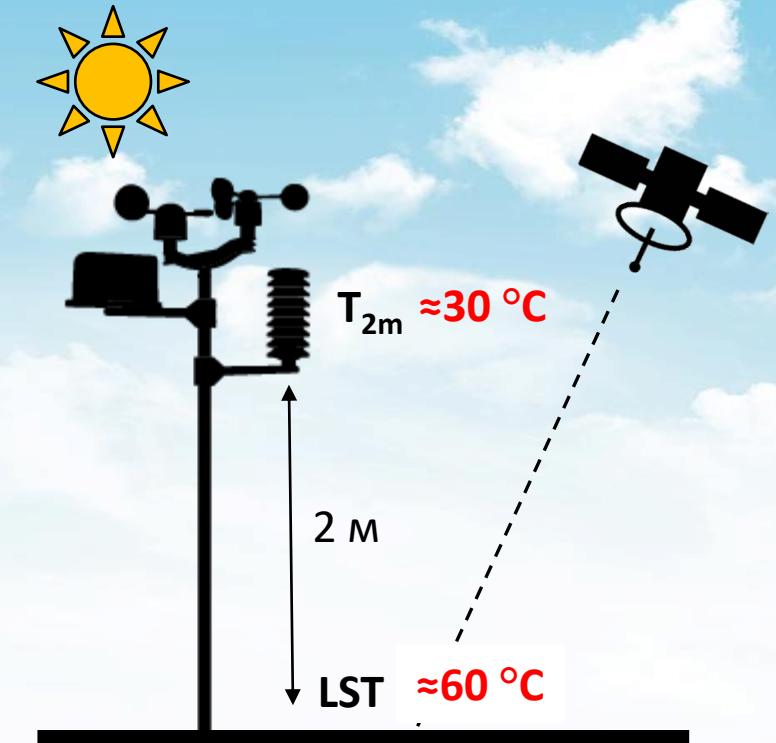


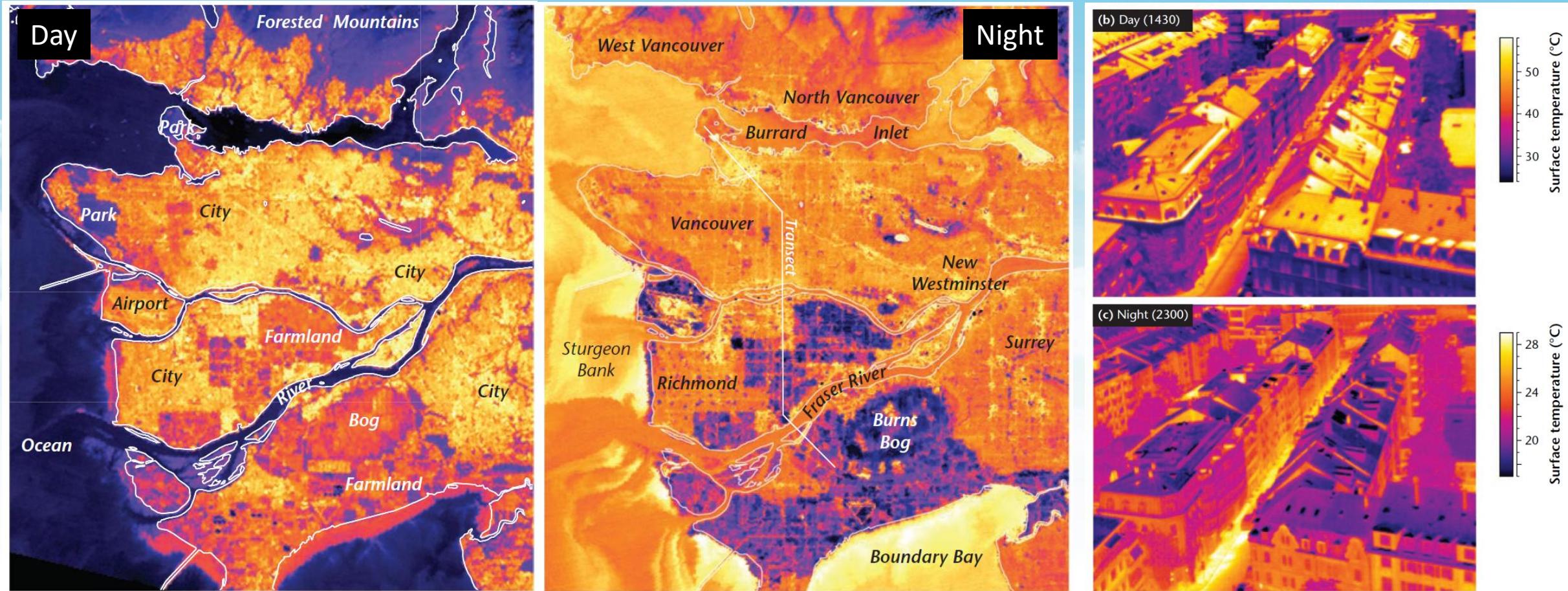
Figure 2. Spatial distribution of (A) annual mean daytime SUHII (°C) and (B) annual mean nighttime SUHII (°C) averaged over the period 2003–2008 across 419 global big cities.



Но есть одно но...

# Городской остров тепла

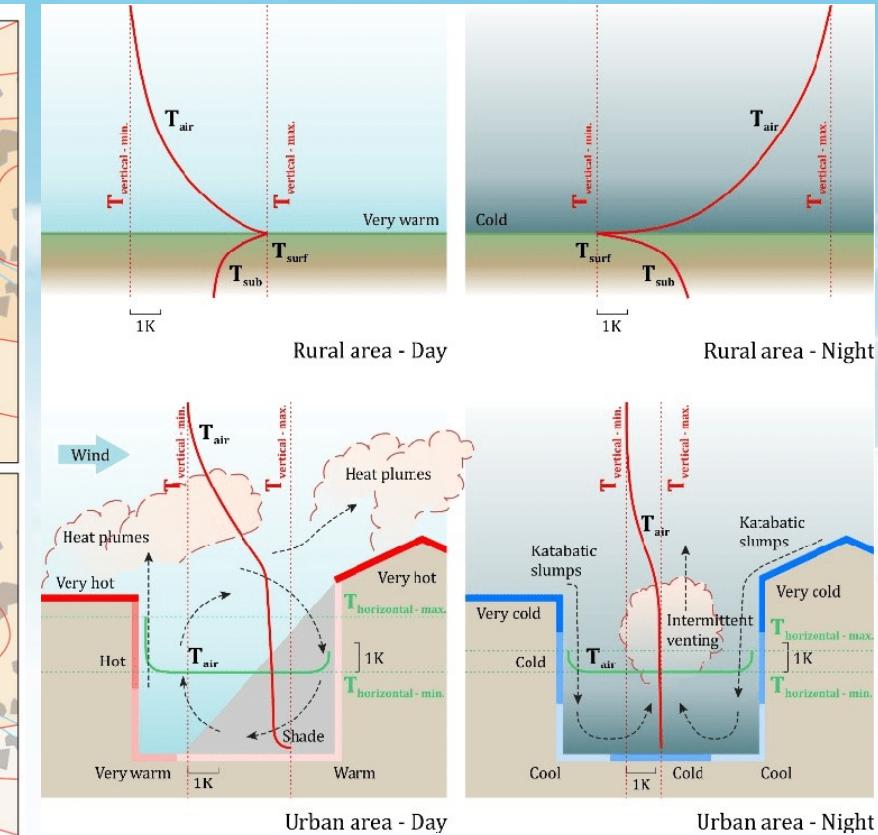
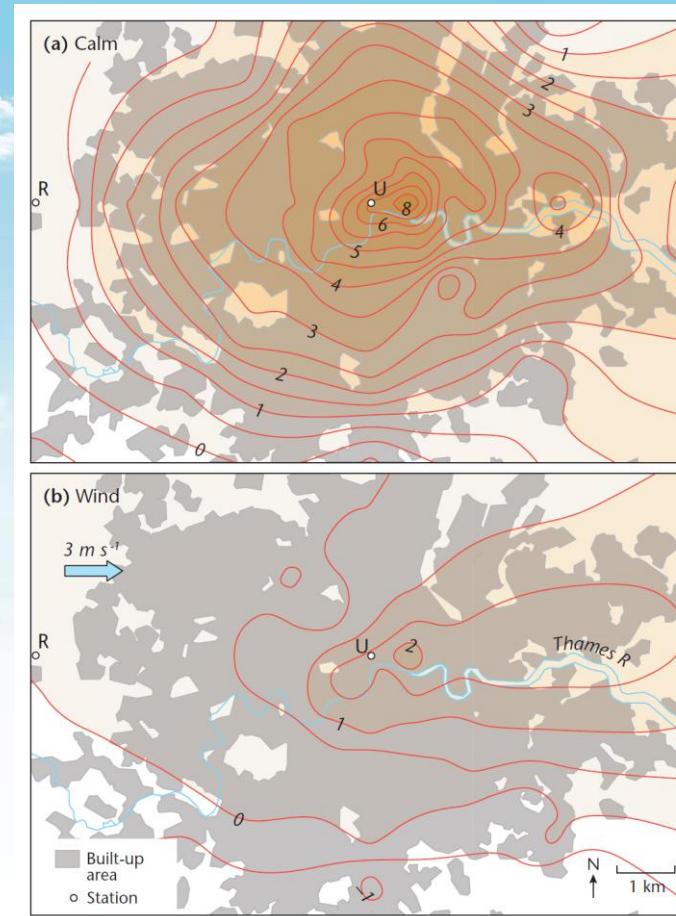
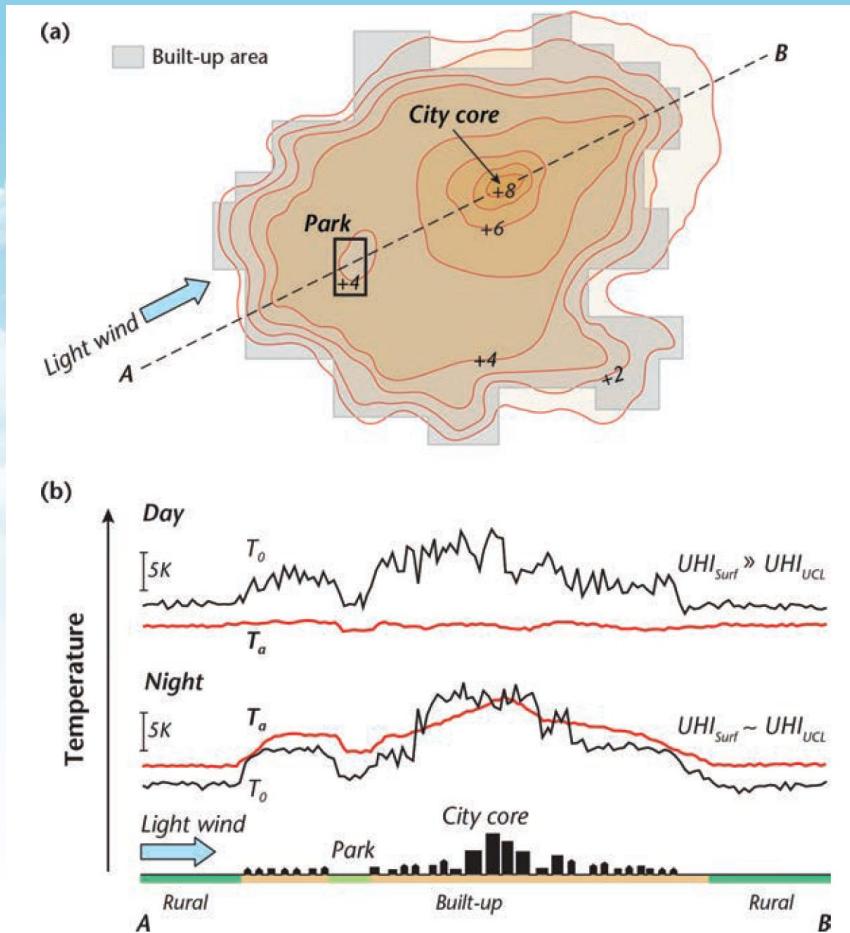
Поверхностный остров тепла (surface UHI)



Определяющее влияние локальных свойств поверхности  
Высокая пространственная неоднородность

# Городской остров тепла

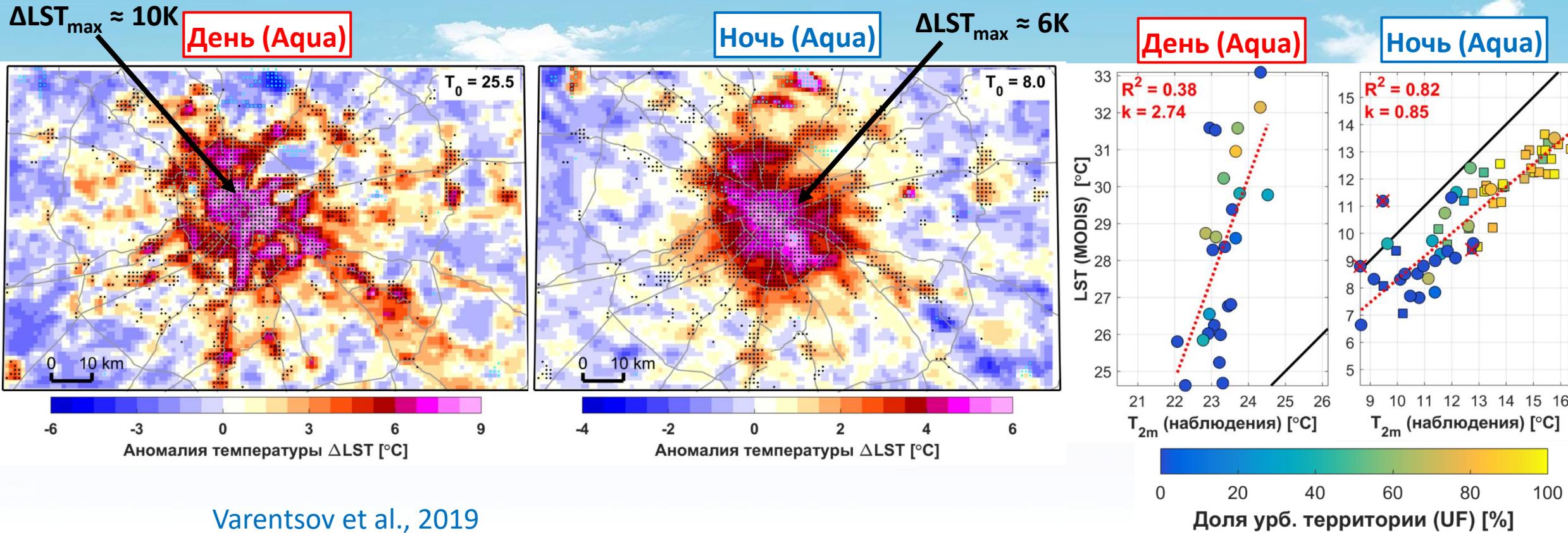
## Приёмный остров тепла (canopy-layer UHI)



Характерный суточный ход

Высокая чувствительность к скорости и направлению ветра  
Сглаженная структура, влияния нелокальных факторов

# UHI vs SUHI



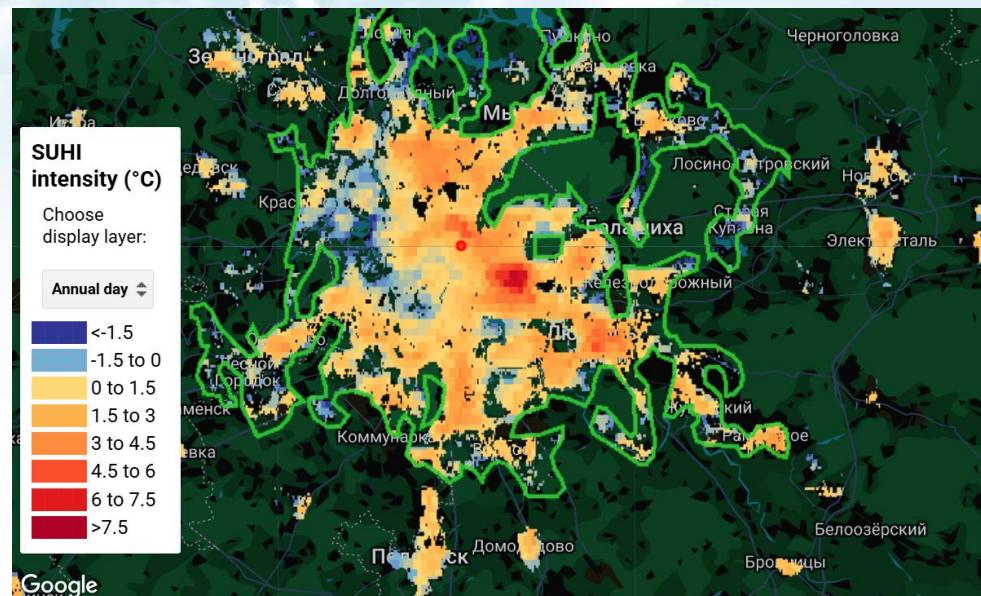
# Базы данных на основе LST

## Global Surface UHI Explorer

[Click here to go directly to the Global Surface UHI Explorer App](#)

### Overview

The [Global Surface UHI Explorer](#) is an interactive web app to monitor urban heat island (UHI) intensities of practically all urban clusters on Earth. The app is built on the Google Earth Engine platform and allows users to query the UHI data of urban areas using a simple interface. The UHI dataset was created based on the simplified urban-extent (SUE) algorithm detailed in [Chakraborty and Lee, 2019](#).



<https://yceo.yale.edu/research/global-surface-uhi-explorer>



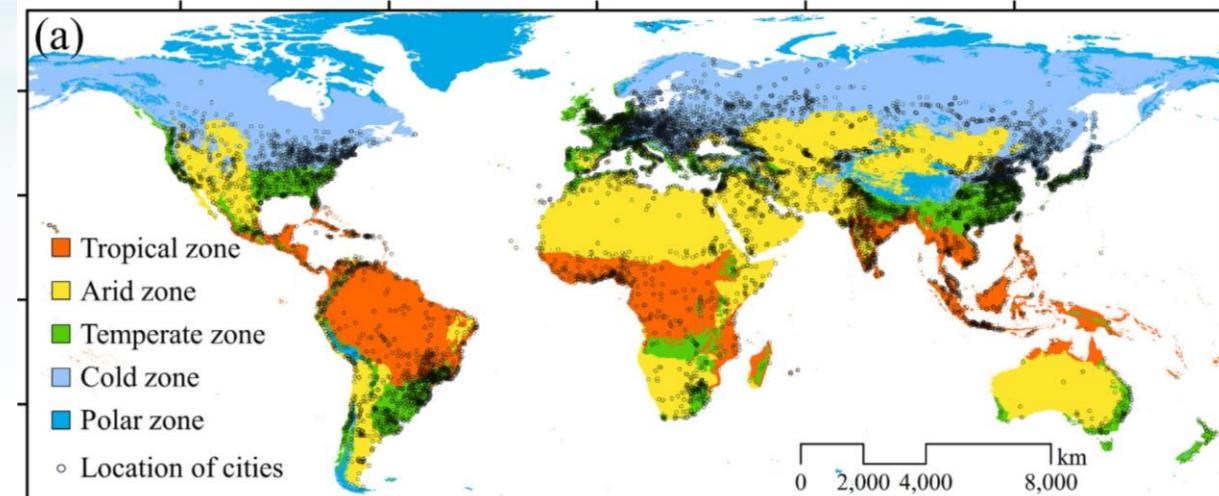
Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Remote Sensing of Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/rse](http://www.elsevier.com/locate/rse)

### A global urban heat island intensity dataset: Generation, comparison, and analysis

Qiquan Yang <sup>a,b,c</sup>, Yi Xu <sup>a,\*</sup>, TC Chakraborty <sup>d</sup>, Meng Du <sup>e</sup>, Ting Hu <sup>e</sup>, Ling Zhang <sup>f</sup>, Yue Liu <sup>g</sup>, Rui Yao <sup>h</sup>, Jie Yang <sup>h</sup>, Shurui Chen <sup>b</sup>, Changjiang Xiao <sup>b,c</sup>, Renrui Liu <sup>a</sup>, Mingjie Zhang <sup>a</sup>, Rui Chen <sup>a</sup>

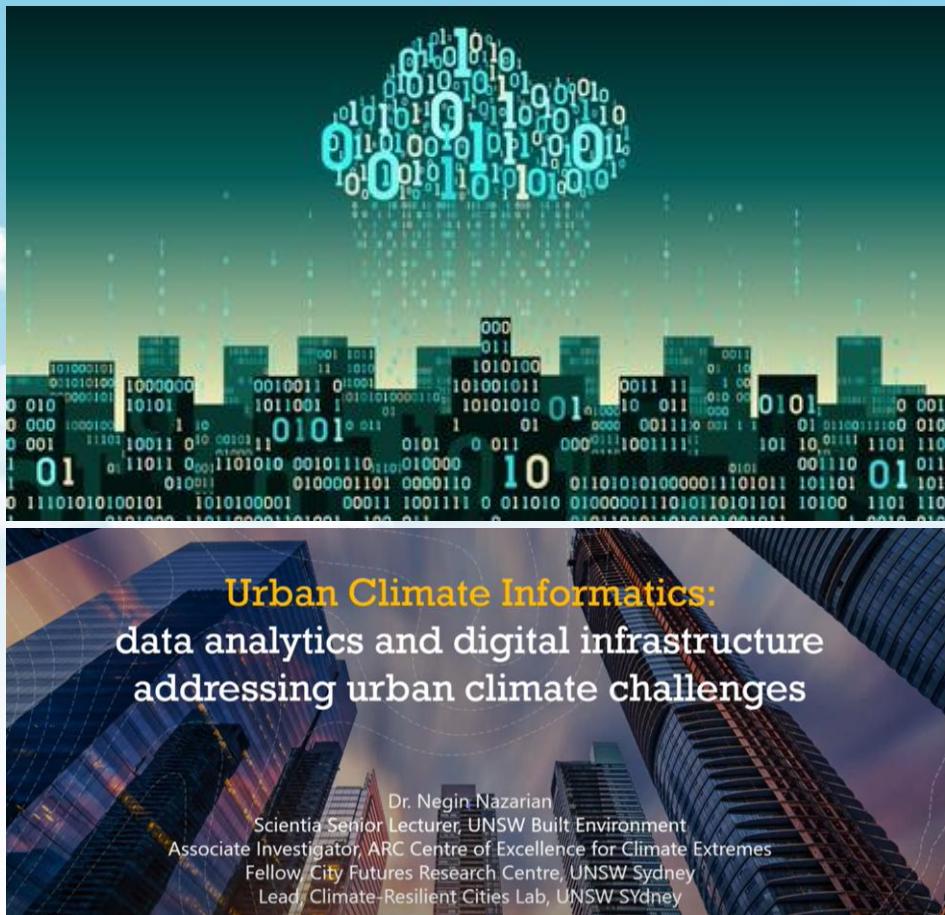


[https://figshare.com/articles/dataset/Global\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_](https://figshare.com/articles/dataset/Global_Urban_Heat_Island_Intensity_Dataset/24821538)  
[Intensity\\_Dataset/24821538](https://figshare.com/articles/dataset/Global_Urban_Heat_Island_Intensity_Dataset/24821538)

# **Нетрадиционные источники данных**



# Новые источники данных



## Advances in Sensors

- Advances in wireless data transmission
- Low power design (reduced static/dynamic consumption)
- Reduced size
- Location awareness
- Higher resolution

- Humans as sensors
- Novel non-obtrusive smart devices and applications
- New sensing methods (e.g., mobile, body-worn, garments, drones, CubeSats, LIDAR, MLS)
- Methods across scales

## Novel Data Sources

- Government or commercial urban data (3D building models)
- Community generated and curated data
- Incidental data (social media, consumer data)
- Public domain data (web scraping)

- Internet of Things (IoT), Web of things (WoT), Internet of Everything (IoE)
- Secure data transmission and system protection
- Real-time data integration in dashboards and digital twins

## Increased Accessibility

### UCI Applications

- Climate-sensitive urban design and planning
- Development of adaptation and mitigation strategies for urban climate challenges (such as heat and air quality)
- More comprehensive vulnerability and inequity analyses
- Improving human health and wellbeing through human-centric approaches

- Proxy calculation and modeling using novel data sources (e.g., Google Street View)
- Pattern recognition of environmental impacts based on open data sources (e.g., Facebook/Twitter)
- Novel open-source data formats and standards (e.g. CityGML)

## Advances in Digital Infrastructure

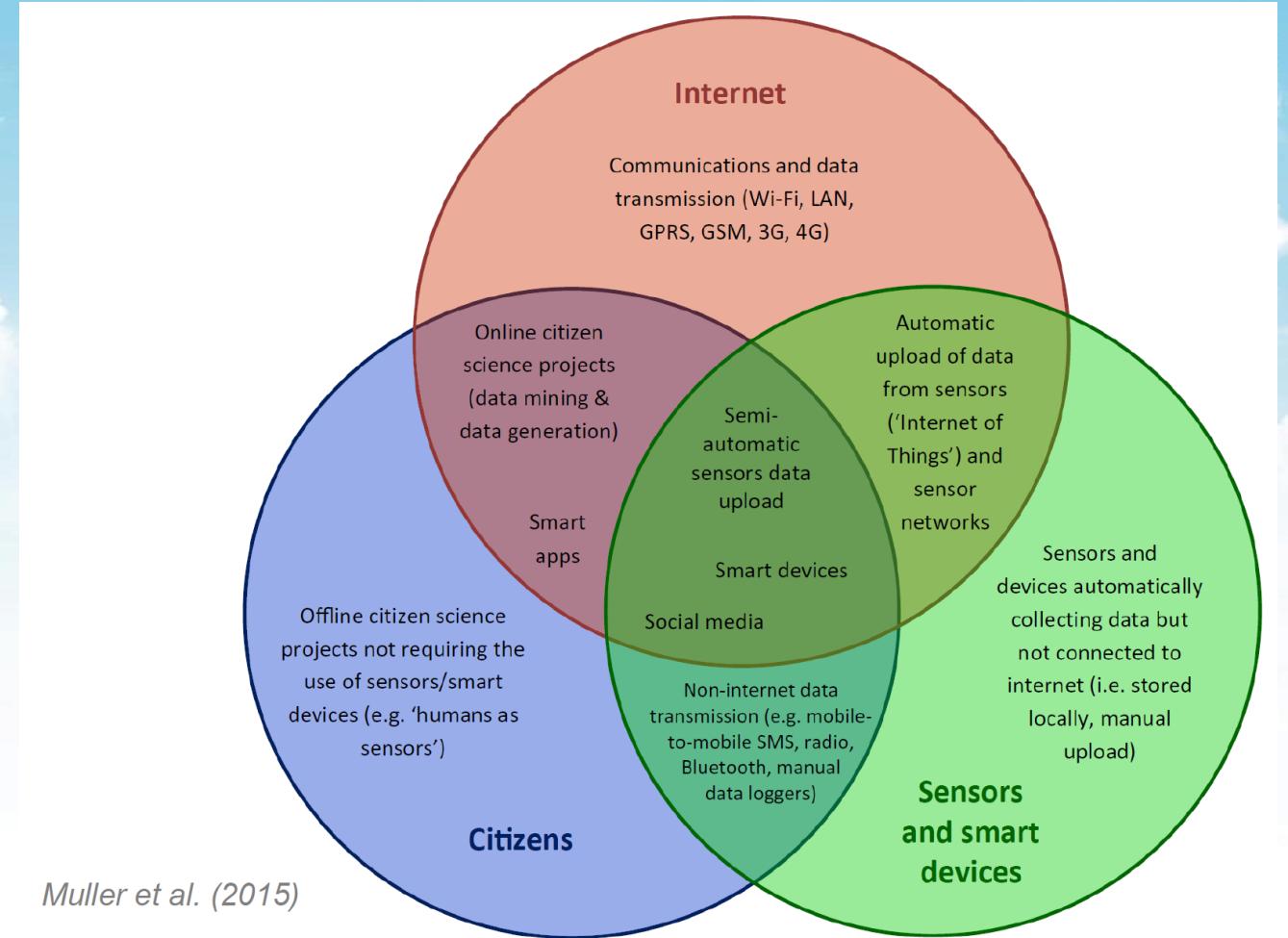
- Cloud computing
- Edge computing
- Increased computational power and efficiency
- Increased storage capacity
- Improved communication networks

- On-demand cloud computing and APIs (e.g., AWS, Azure)
- Real-time data analytics
- Public/scientific cloud computing, visualization, and analytics platforms (e.g., Google Earth Engine)
- Cloud-based climate modeling
- Digital twins of Earth/urban atmosphere

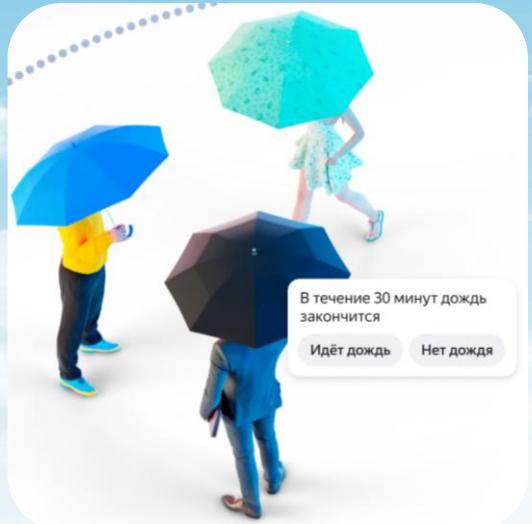
## Advances in Analytical Algorithms & Platforms

- Artificial intelligence (including machine and deep learning)
- Augmented data management
- Procedural, predictive, and agent-based modeling
- Image processing

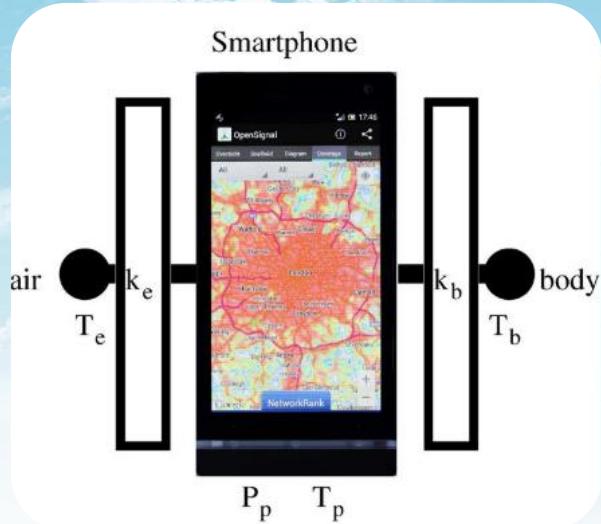
# Новые источники данных



# Новые источники данных



Сообщения  
пользователей  
(Яндекс.Погода)



Данные со смартфонов  
(давление, температура)  
(Droste et al., 2017)



Датчики дождя  
в «умных» автомобилях  
(Bartos et al., 2019)



Персональные метеостанции,  
сети «народного мониторинга»

# Персональные метеостанции Netatmo

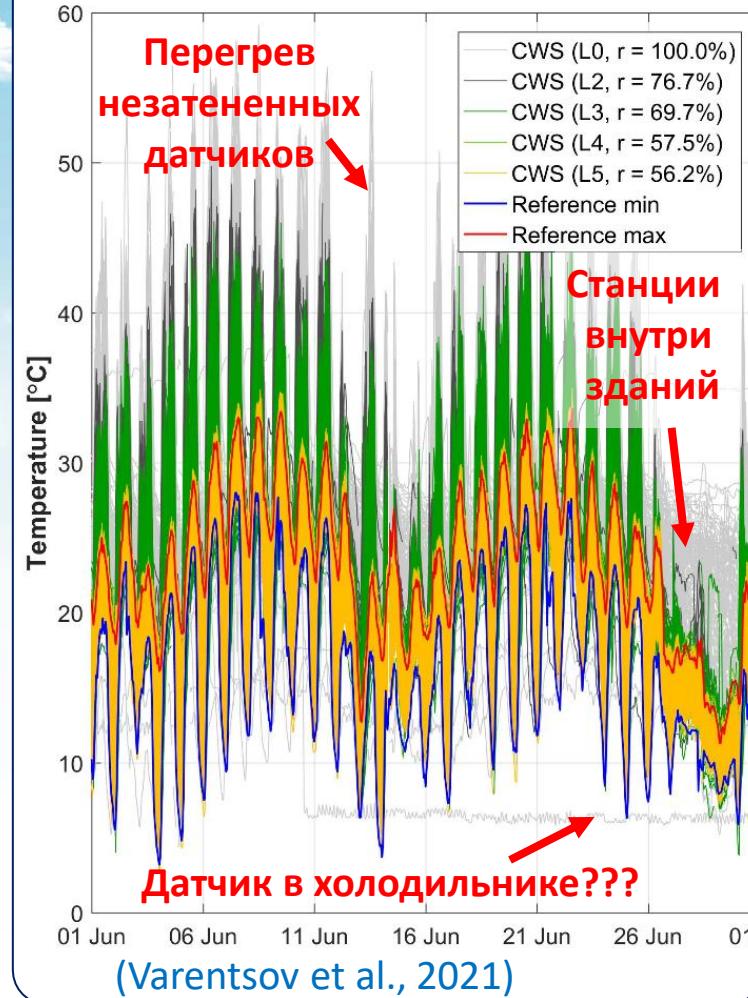
## Метеостанции Netatmo

- ❑ IoT-гаджет вместо термометра за окном
- ❑ Тысячи метеостанций в крупных городах
- ❑ Доступ к данным через API
- ❑ Исследования городского климат (Chapman et al., 2017; Meier et al., 2017), уточнение прогноза погоды (Nippen et al., 2020)

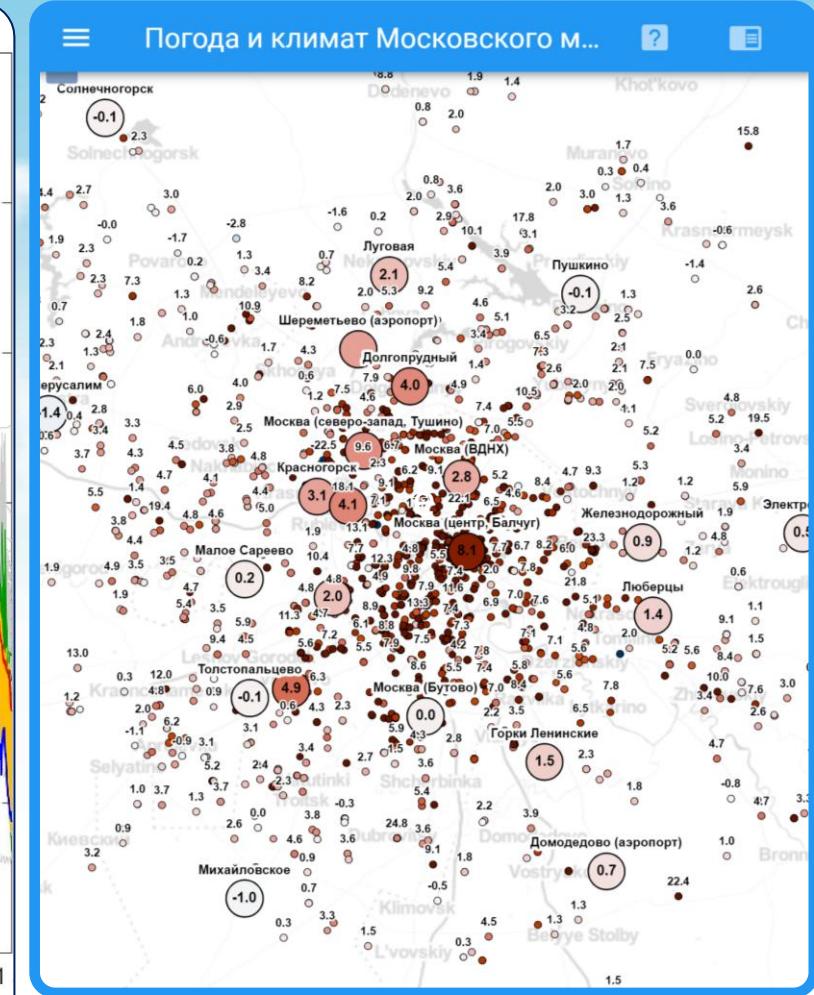


City	# CWS June 2018
Basel	940
Berlin	2100
Bern	650
Gothenburg	410
Hamburg	1190
Lisbon	150
London	830
Moscow	730
Paris	6380
Toulouse	720

## Проблема качества данных



## Пример для Москвы



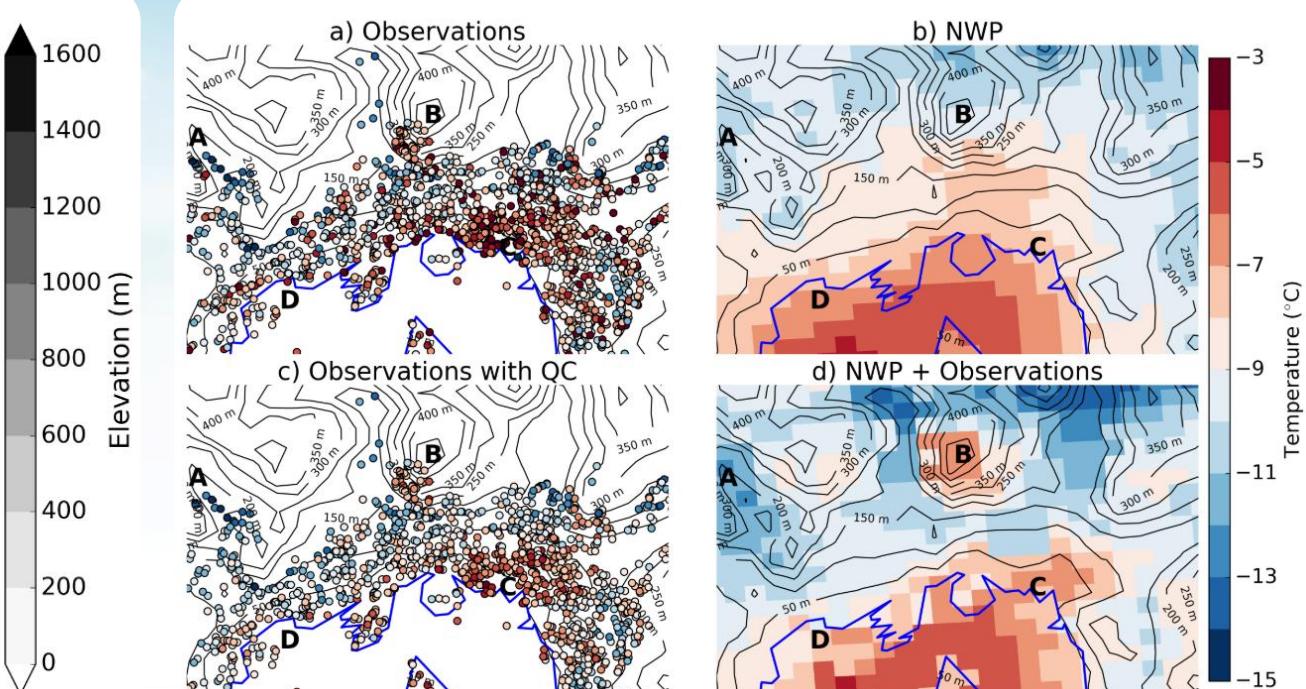
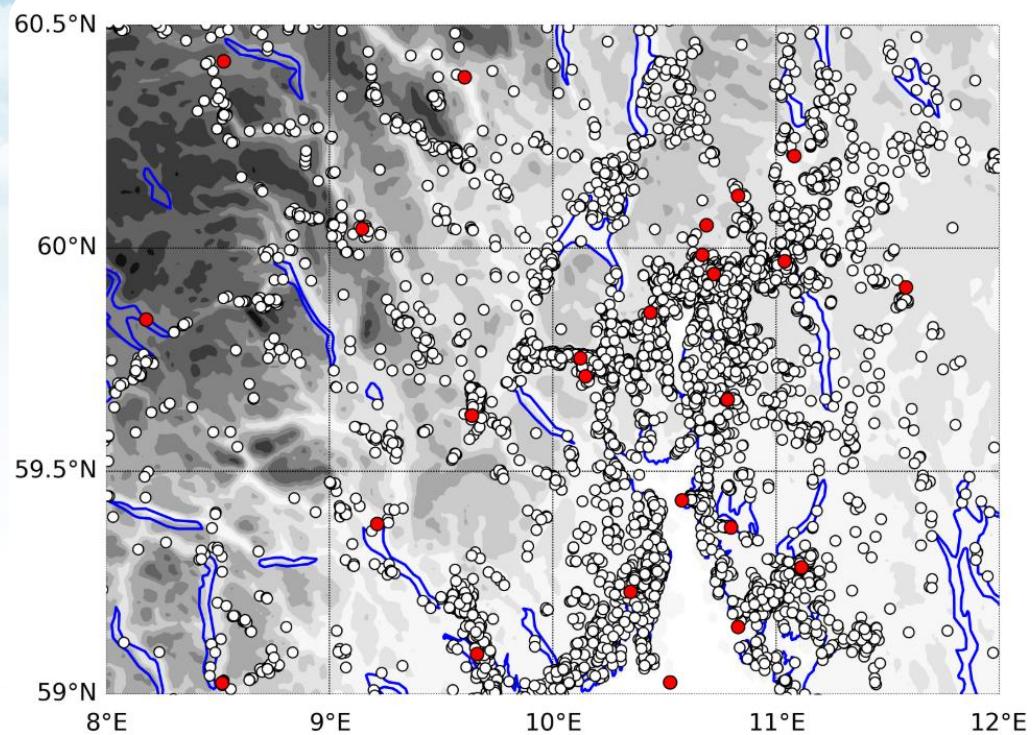
# Персональные метеостанции Netatmo

Норвегия | Метеорологический институт

Оповещения от Yr теперь обновляются намного чаще и становятся более точными.

С сегодняшнего дня Yr будет иметь доступ к данным большого количества частных метеостанций по всей стране.

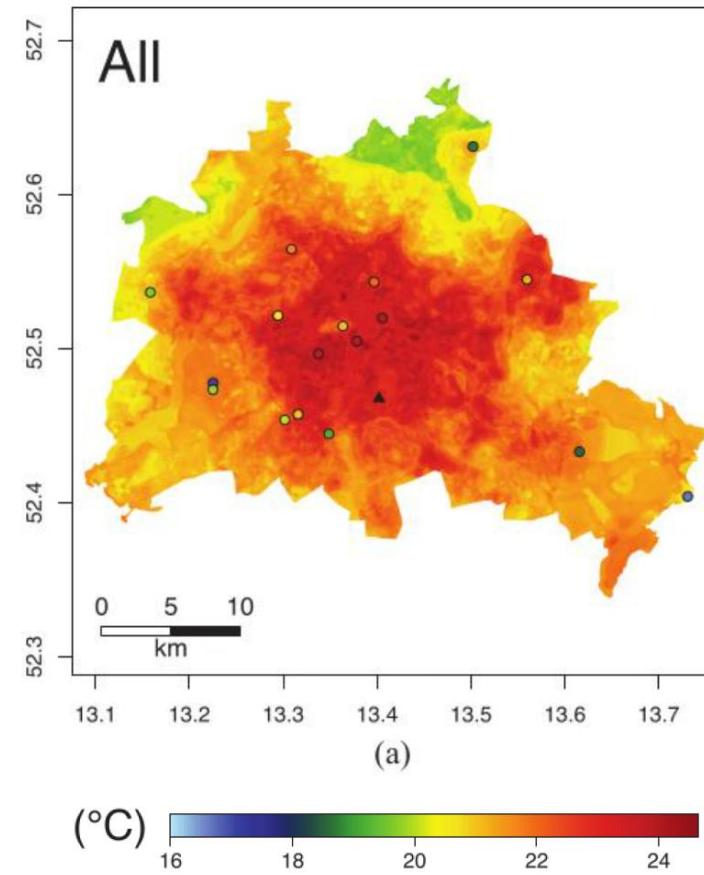
WEATHER  
Thanks to Netatmo, Yr, the Norwegian Weather public service, can give more accurate forecasts for 5 countries!  
19 MARCH 2018



Nipen, T. N. et al (2020). Adopting Citizen Observations in Operational Weather Prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(1), E43–E57.

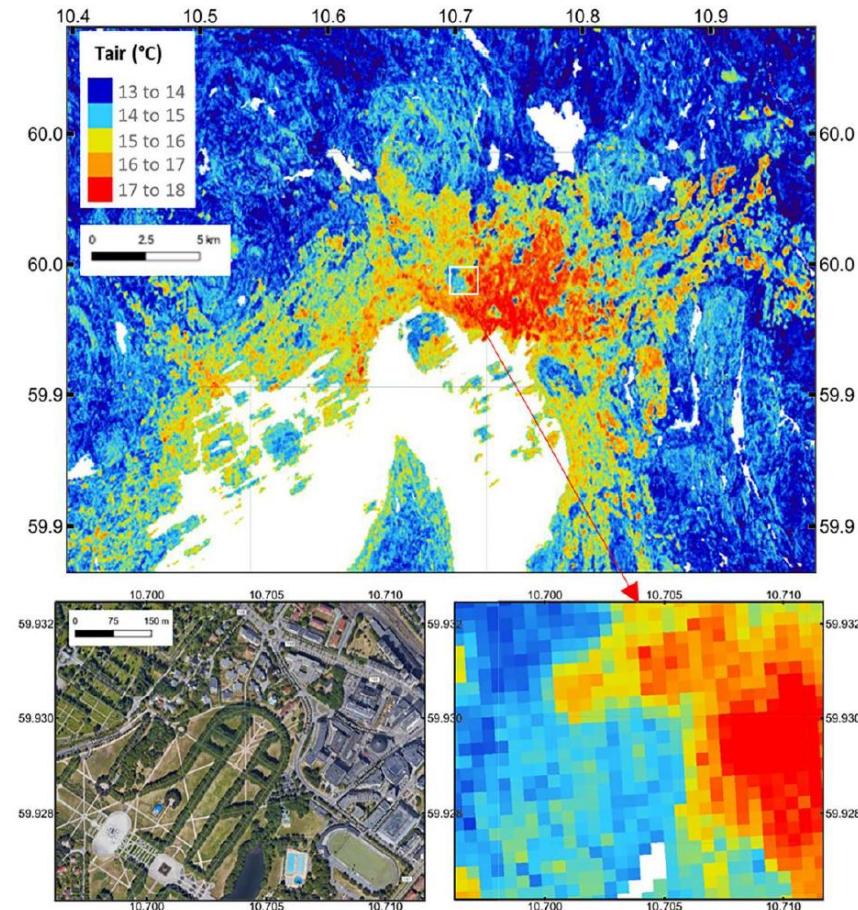
# Синтез данных (data fusion)

Berlin, Germany  
24 July 2018, night-time



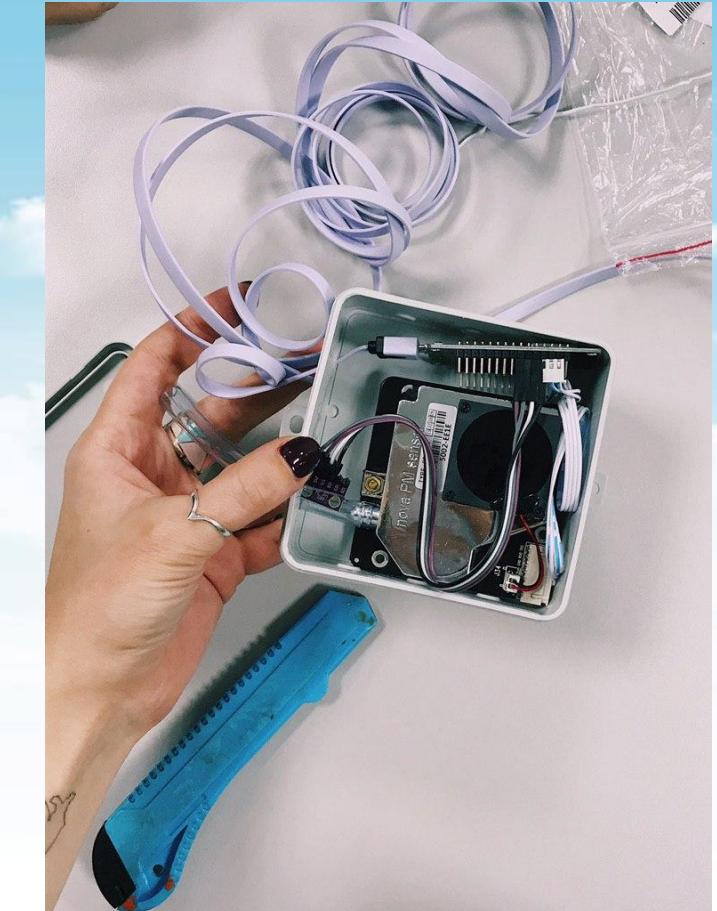
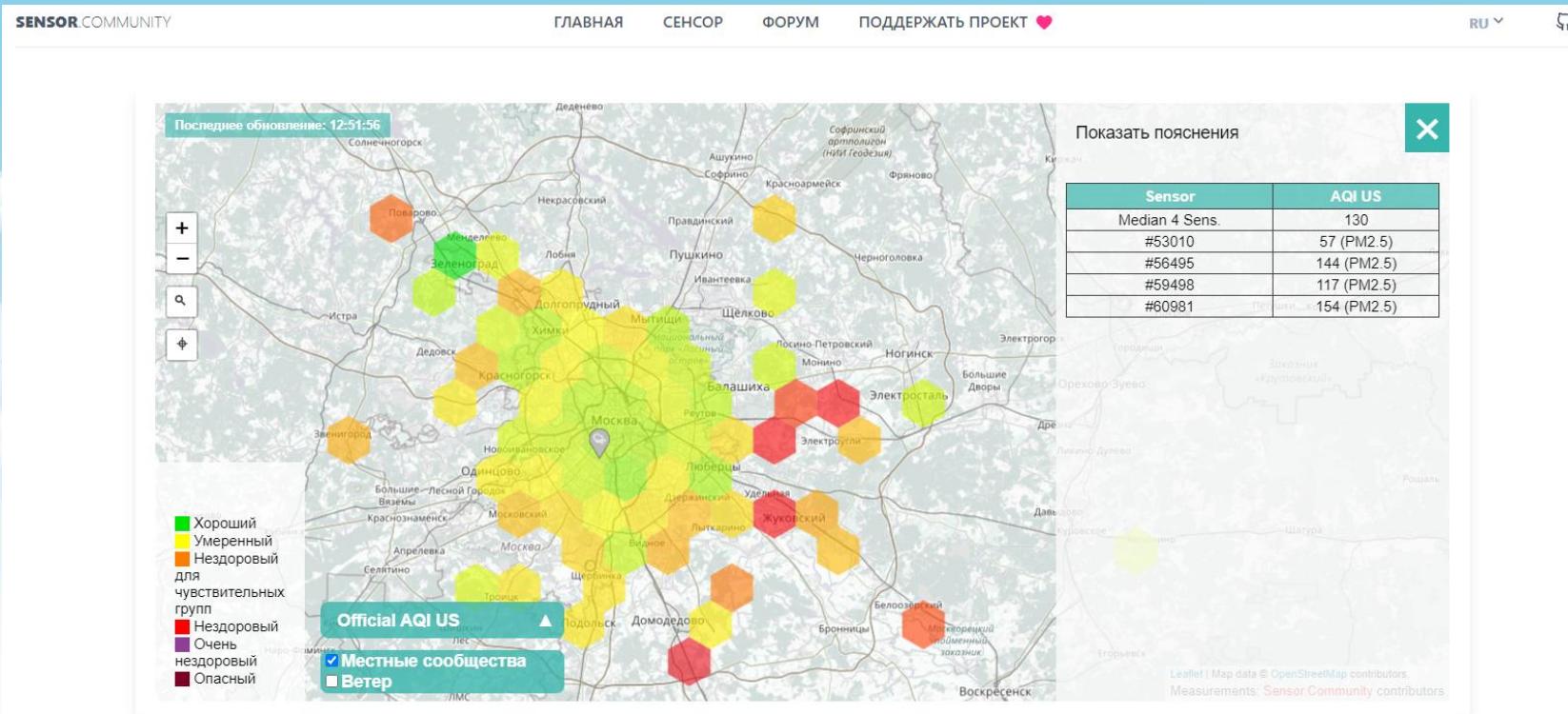
Vulova et al. (2020)

Oslo, Norway  
1 June 2018,  $T_{\min}$



Venter et al. (2020)

# Народный мониторинг качества воздуха

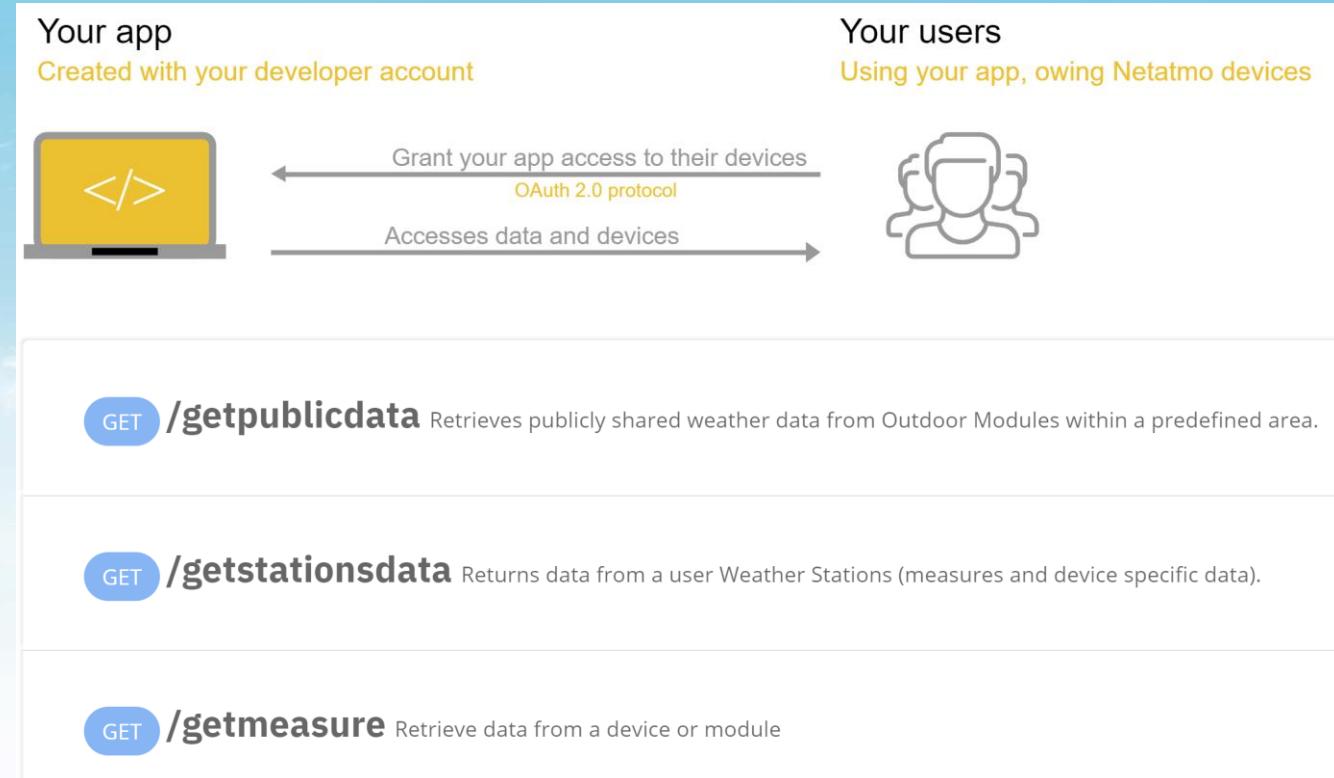


Sensor.Community это всемирная сеть сенсоров  
информация с которых доступна в виде открытых данных  
об окружающей среде.

Breathe.Moscow & Sensor.Community

# Доступ к данным

- Многие сервисы предоставляют доступ через API (*application programming interface*)
- Альтернативный вариант – парсинг данных в веб-сайтов



# Заключение

О чём важно помнить при работе с данными наблюдений в городских (и не только) условиях?

- Точная локализация точек мониторинга
- Репрезентативность точек измерений для тех или иных условий (город, фон)
- Нестационарность условий измерений во времени
- Футпринт (зона охвата)
- Точность измерений (с учётом того, что мы работаем с малыми аномалиями), источники ошибок и погрешностей
- Временная привязка (UTC, местное время?)
- Пропуски данных, ошибки измерений, выбросы
- Особенности форматов данных
- Размерности метеовеличин
- Правовые аспекты использования данных



The end

Вопросы?

# ДЗ №2: анализ данных мониторинга

- Исследовать доступность данных станционных наблюдений для выбранного города и его окрестностей (метеостанции, аэропорты, специализированные городские сети, краудсорсинг)
- Выбрать репрезентативные городские и загородные станции
  - Определить **точное местоположение** рассматриваемых станций
  - Оценить их репрезентативность в контексте влияния прочих факторов (рельеф, водные объекты...)
  - Если таких станций нет → выбрать другой город
- Скачать данные за несколько лет
- Построить графики временной динамики основных метеовеличин (температуры, влажности, скорости ветра) ветра на городских и загородных станциях за месяцы с контрастными метеоусловиями - для лета/зимы, сухого/влажного сезонов
- Проанализировать городские аномалии этих метеовеличин (разности «город-фон»):
  - Построить графики временной динамики за отдельные периоды ( $\approx$ 15-30 дней)
  - Построить график осредненного суточного хода
  - Построить график осредненного сезонного хода
- Сравнить данные наблюдения на городской и фоновой метеостанциях с реанализом, оценить адекватность воспроизведения локальных климатических особенностей в реанализе (обсудим подробнее на след. занятии)
- \*Сравнить характеристики приземного острова тепла (UHI) по данным наблюдений с характеристиками SUHI из глобальных баз данных на основе ДЗ3