



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ  
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## Курс «Моделировании климата городов», лекция №5

### Мезомоделирование для городов.

### Входные пространственные данные для моделей.

Михаил Иванович Варенцов

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

# В предыдущих сериях...

## Ключевые характеристики моделей

- **Разрешение модели**
  - Горизонтальный шаг сетки  $\Delta x$
  - Масштаб воспроизводимых процессов  $\approx 8 \Delta x$ , макро, -мезо и микромасштабные модели
- **Допущение гидростатики (да/нет):**

$$\cancel{\frac{dw}{dt}} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + \cancel{F_z}$$

- **Описание турбулентности:**
  - Осреднение по Рейнольдсу (RANS)
  - Large Eddy Simulations (LES)
  - Direct Numerical Simulations (DNS)

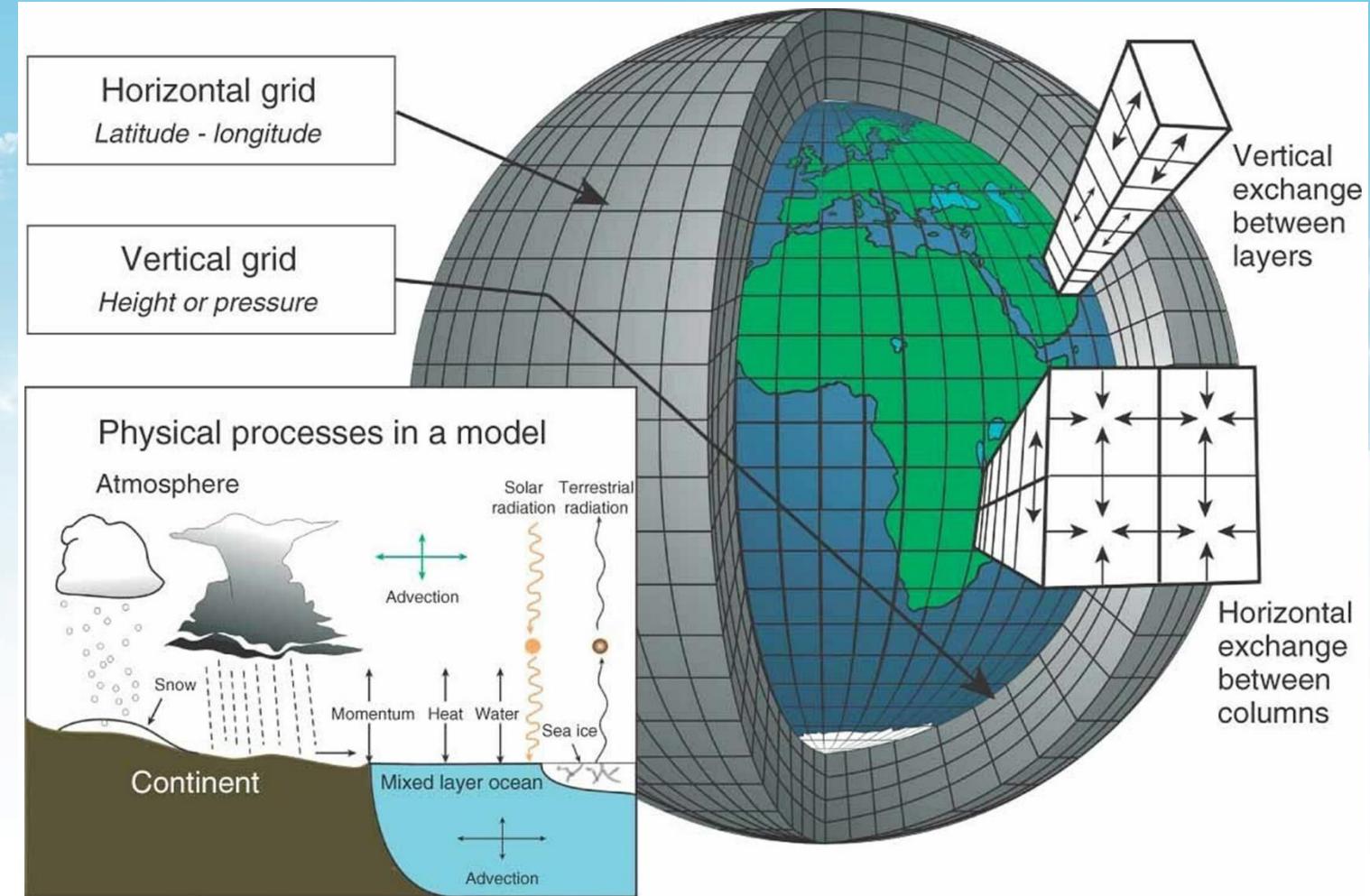
- **Охват по пространству:**  
глобальные/региональные

- **Система координат**

- **Тип горизонтальной сетки**

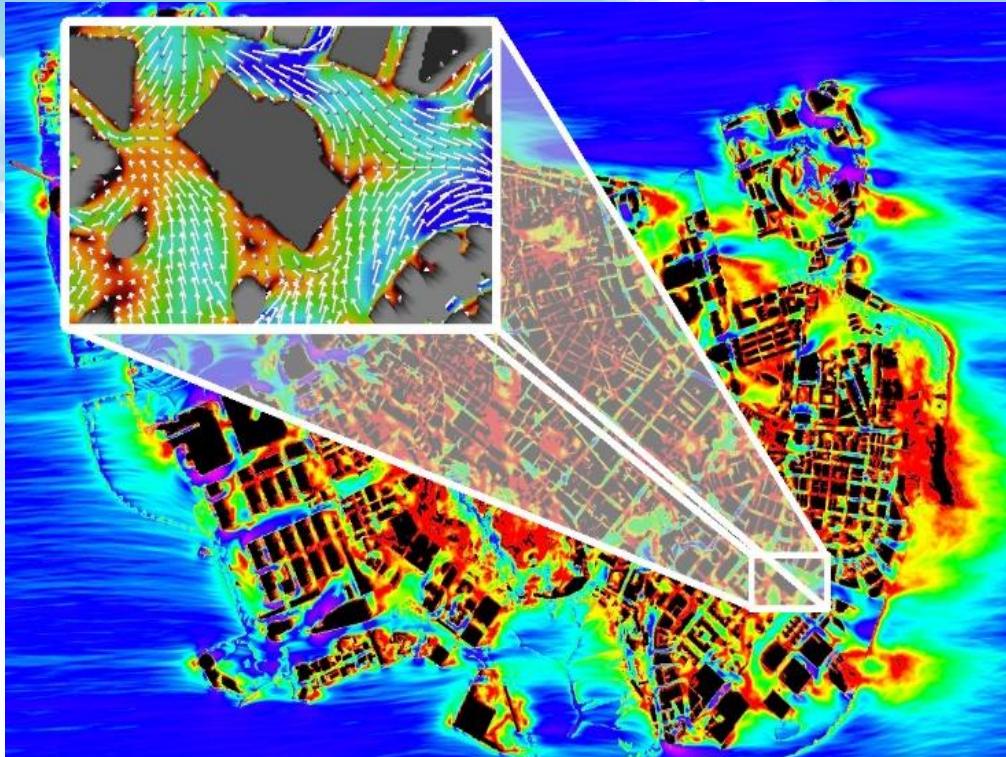
- **Тип вертикальной сетки**

- **Набор описываемых процессов**
  - Модели атмосферы,
  - Модели климата
  - Модели Земной системы



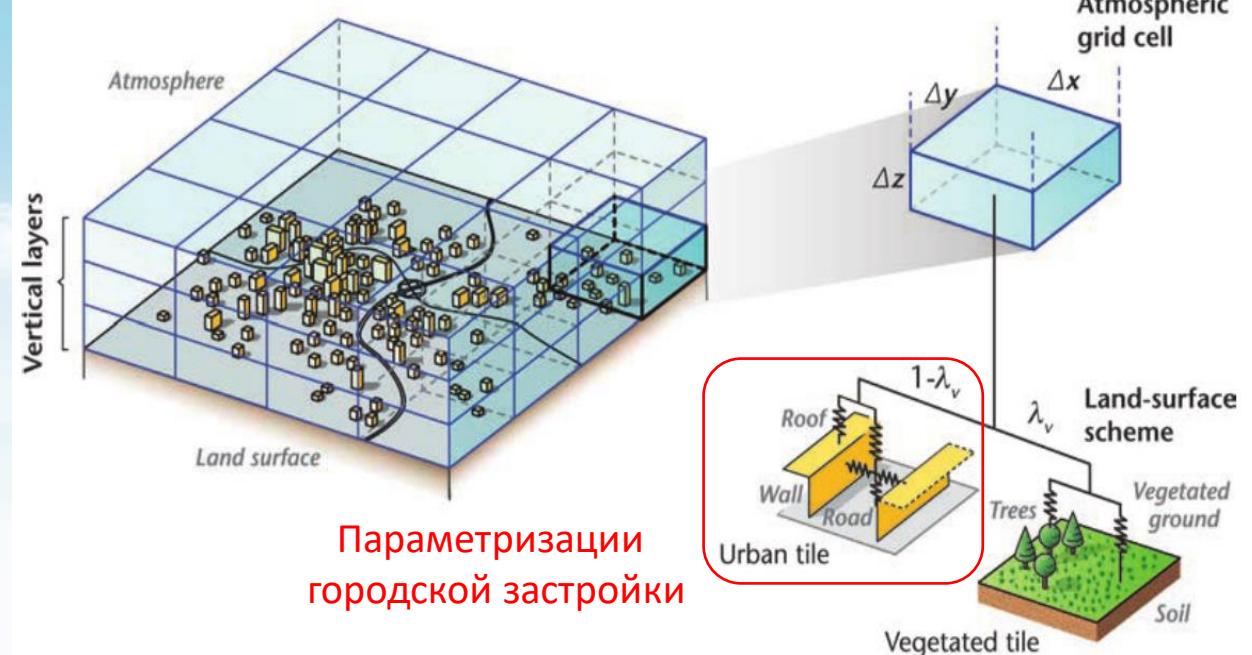
# В предыдущих сериях...

## Микромасштабные модели (шаг сетки: первые метры)



ENVI-MET

## Мезомасштабные модели (шаг сетки: первые сотни метров – километры)



Параметризации  
городской застройки



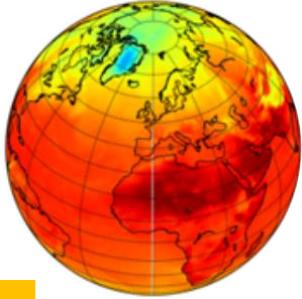
CONSORTIUM FOR SMALL SCALE MODELING  
**COSMO**

Hir<sup>l</sup>am

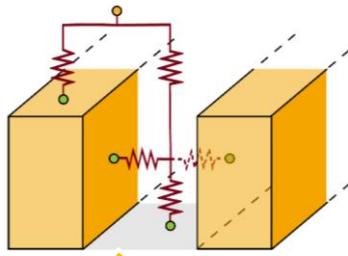
# В предыдущих сериях...

## Крупномасштабный форсинг

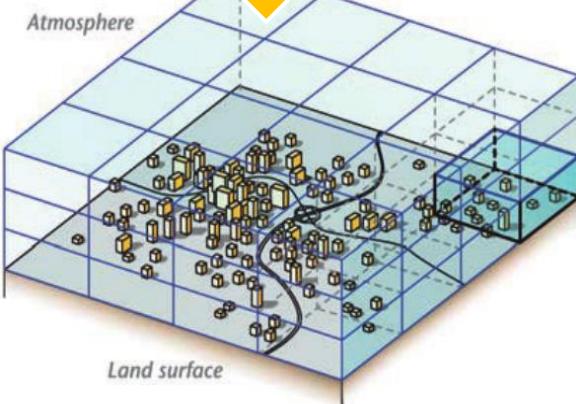
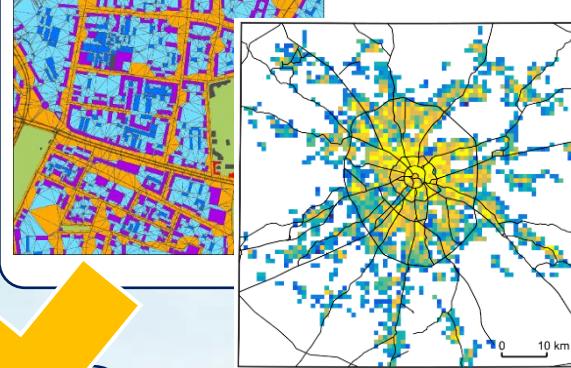
- Реанализ
- Прогноз
- Сценарии изменений климат



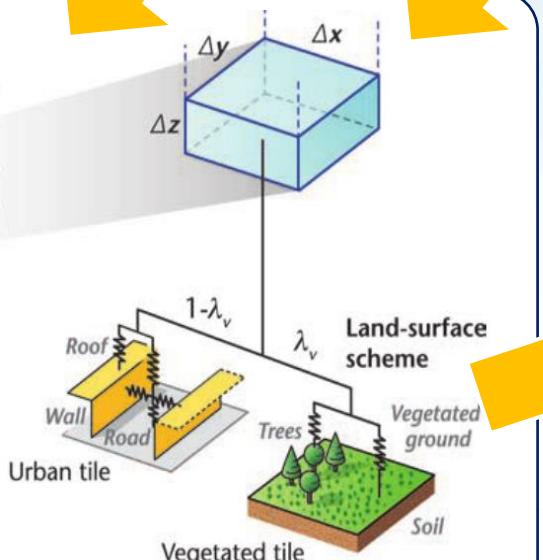
## Городская параметризация



## Параметры поверхности и городской среды

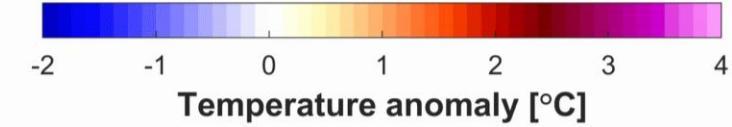
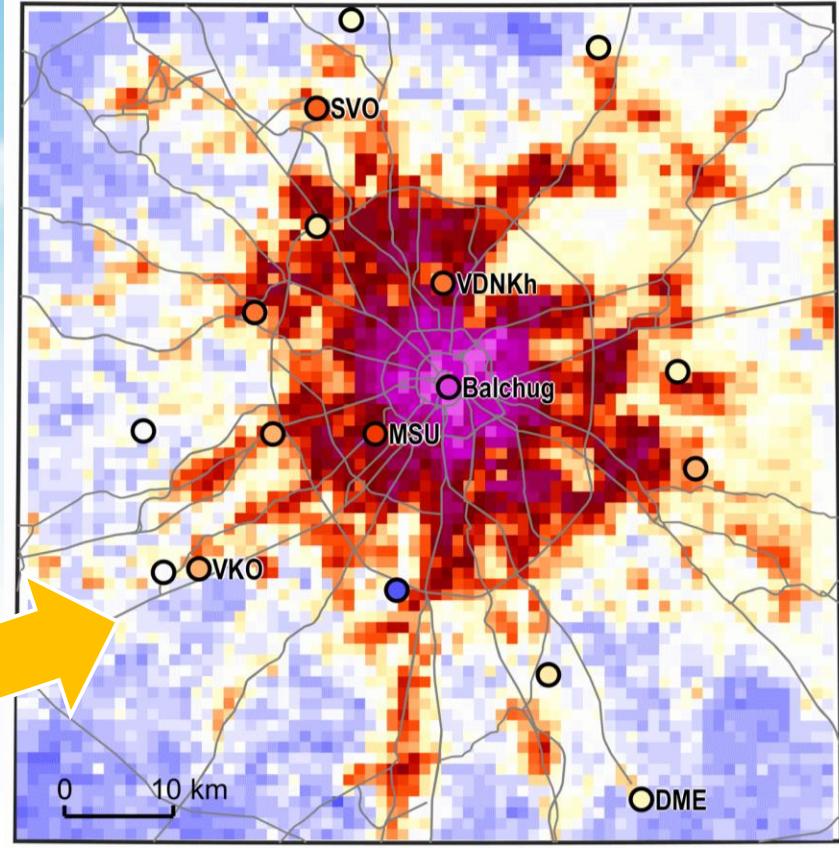


## Региональная модель атмосферы



## Вычислительные ресурсы

$\Delta X=1\text{km}$





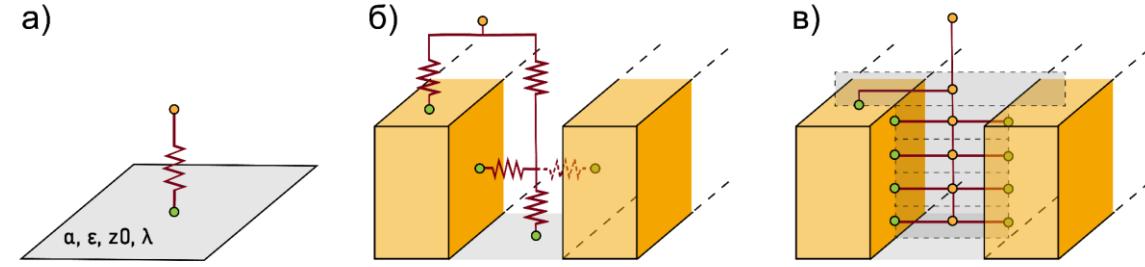
# Городские параметризации для мезомасштабных моделей

# Городские параметризации

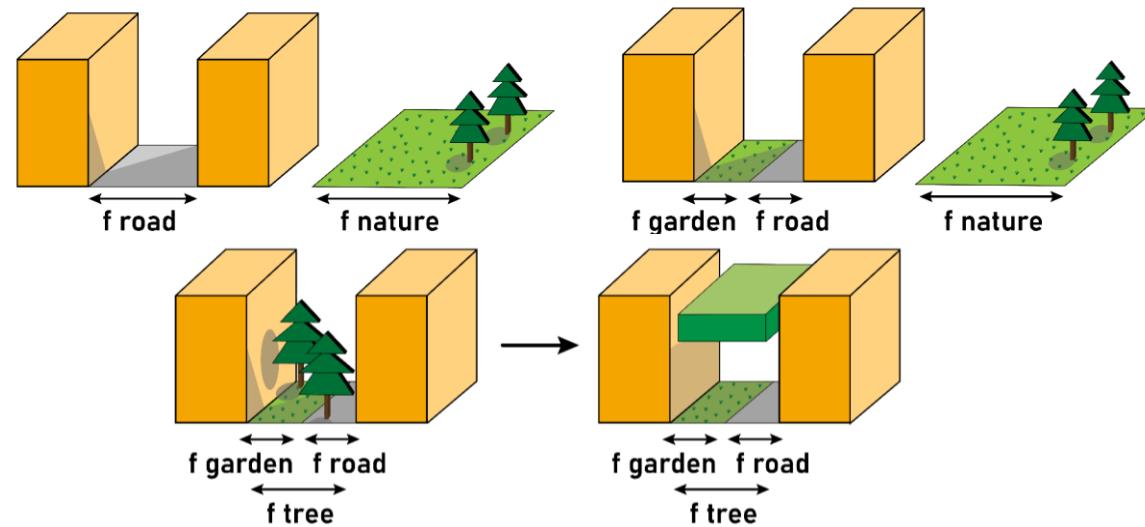
Физические процессы, описываемые городскими параметризациями (моделями городского полога, англ. urban canopy models):

- Тепло- и влагообмен в деятельном слое поверхности
- Радиационные взаимодействия между городской поверхностью и атмосферой:
  - Затенение зданиями
  - Переотражение и переизлучение коротковолновой и длинноволновой радиации
- Турбулентный обмен в городском пологе
- Баланс влаги на поверхности
- Антропогенные потоки тепла и влаги
- Городская растительность

Различия по сложности представления «городских каньонов»

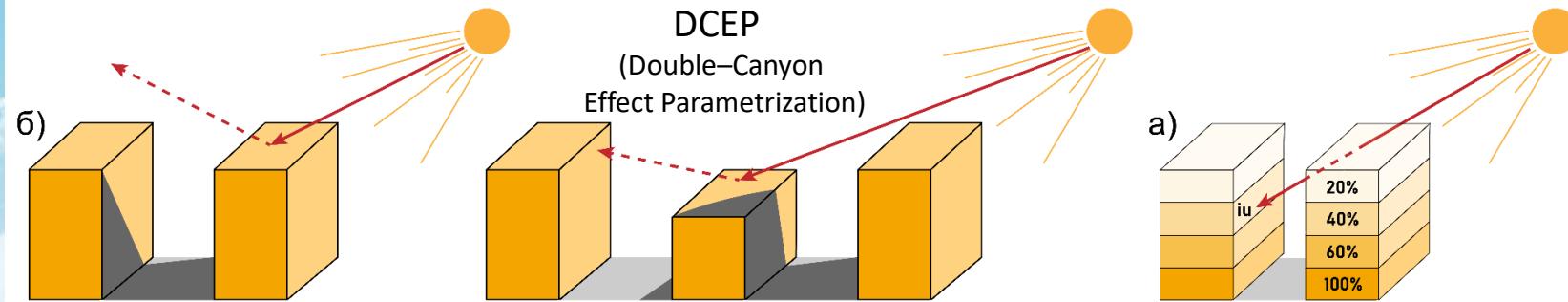


Различия по сложности представления растительности

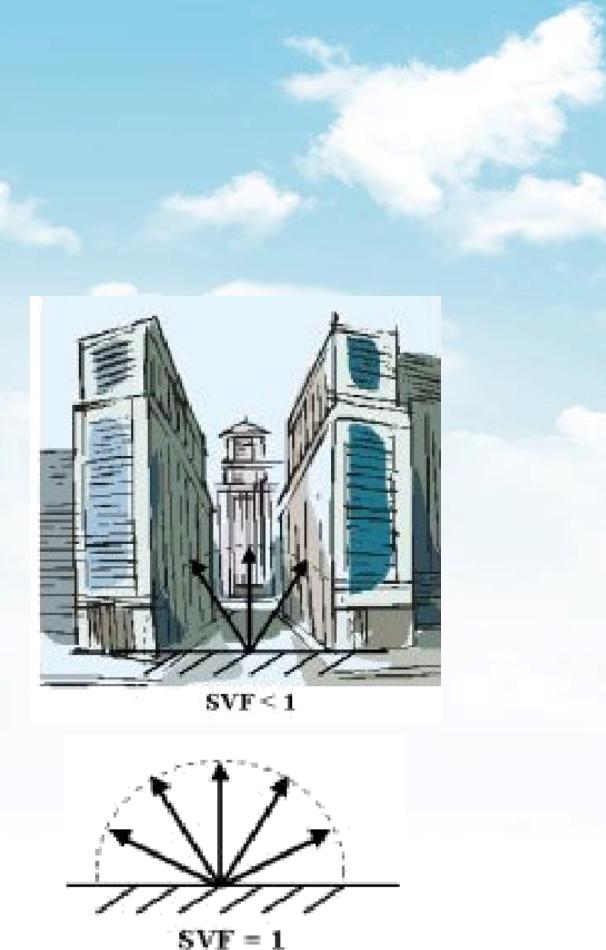
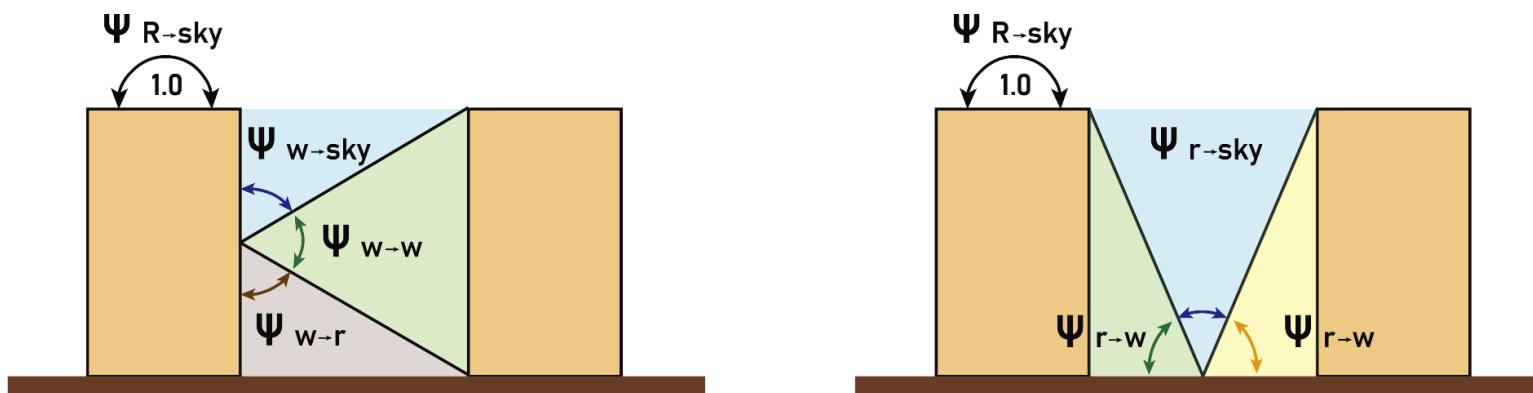


# Городские параметризации: радиация

## Различные подходы к описанию радиационных взаимодействий

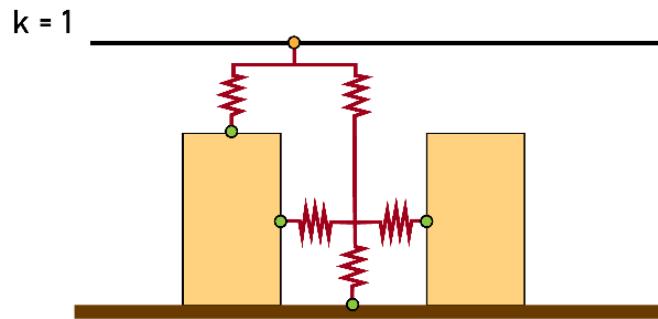


## Понятие фактора видимости неба (sky view factor)



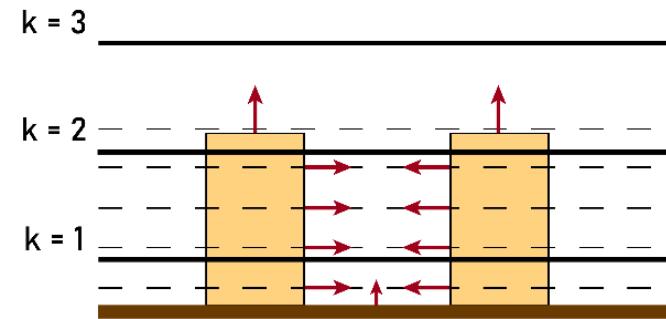
# Городские параметризации: турбулентность

## Различные подходы к описанию турбулентного энергообмена

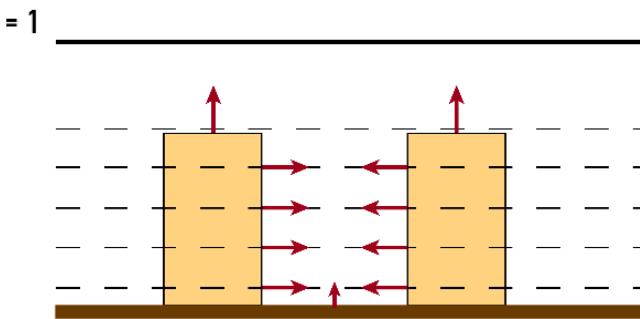


resistance approach

$$H_i = \rho c_{pd} (T_a - T_i) / RES_i$$

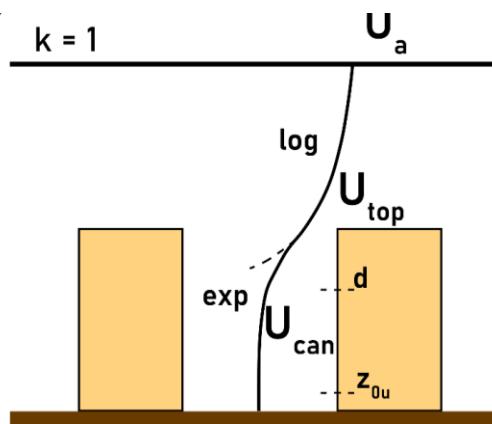


drag approach

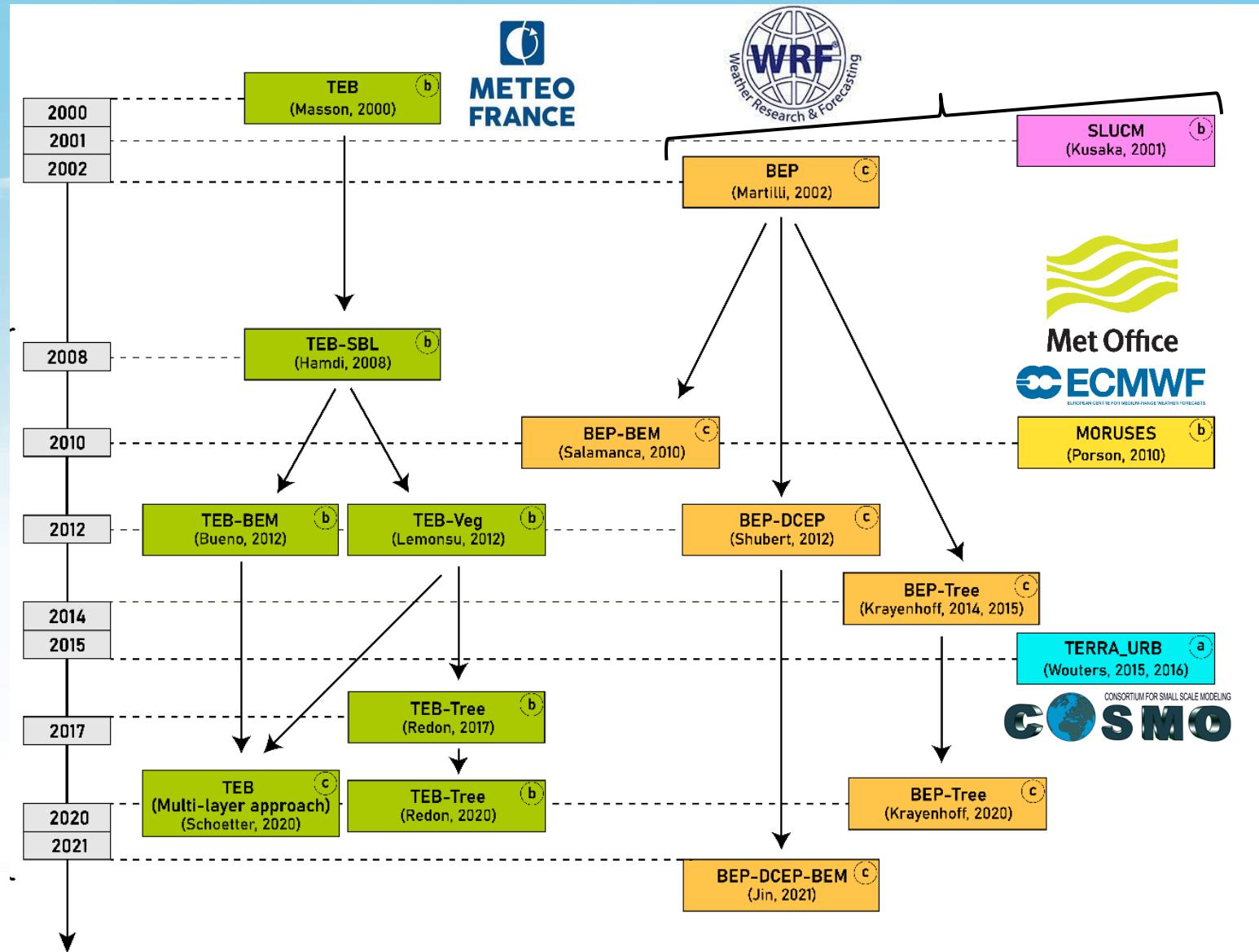


## Расчет коэффициентов сопротивления/обмена:

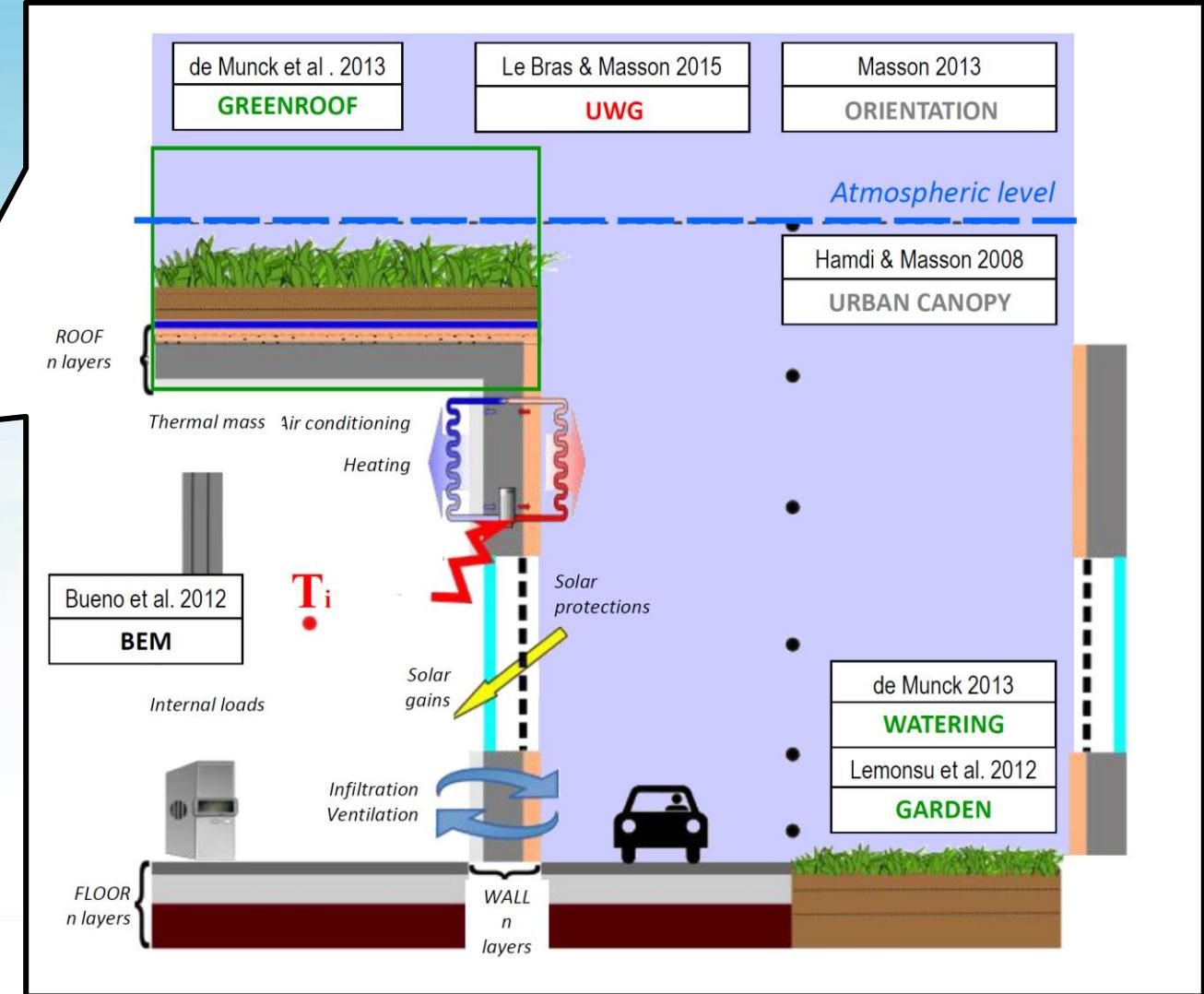
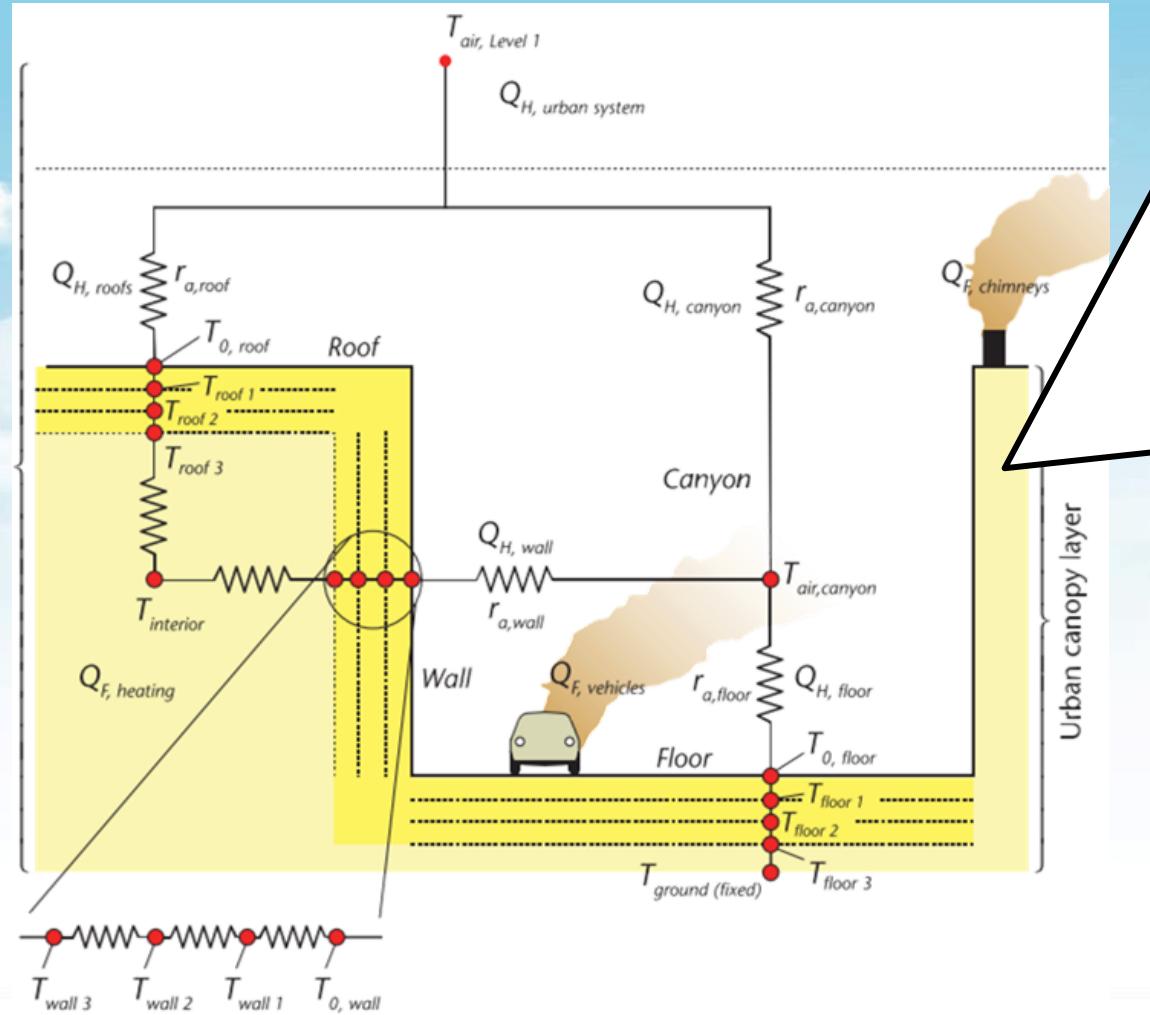
- Теория подобия Монина-Обухова (формально неприменима) для крыш и дороги
- Эмпирические зависимости для стен, например  $RES_w = (11.8 + 4.2U_{can})^{-1}$
- Полуэмпирический экспоненциальный профиль ветра в каньоне



# Городские параметризации



# Пример: параметризация ТЕВ



# Пример: параметризация TERRA\_URB

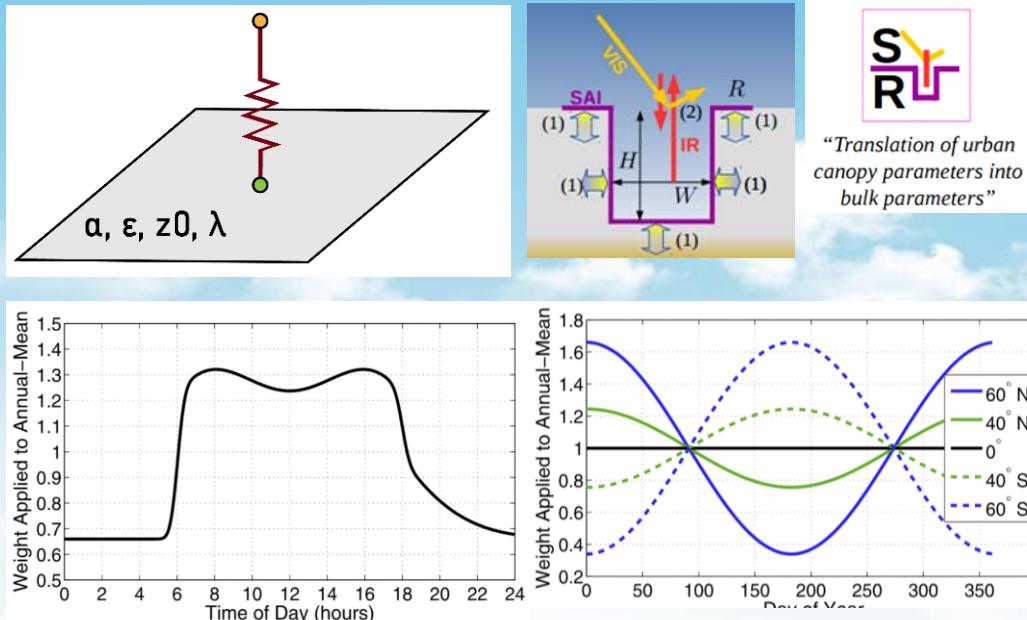
**Модификация модели деятельного слоя суши TERRA в параметризации TERRA\_Urb (Wouters et al., 2015; 2016):**

- Коррекция альбедо и излучательной способности с учетом геометрии городских каньонов зависимостей:  $\Psi_{bulk} = \delta_R + (1 - \delta_R) * \exp\left(-0.6 \frac{H}{W}\right)$ ,
- Увеличение теплоемкости и теплопроводности пропорционально увеличению площади поверхности:  $c_{bulk} = c * \left[ \left(1 + 2 \frac{H}{W}\right) (1 - \delta_R) + \delta_R \right]$
- Изменение параметра термической шероховатости:  $z_{0u} = 0.075H$
- Городская поверхность непроницаемая для влаги, реализована параметризация луж
- Антропогенный поток тепла задается на основе среднегодового значения и предопределенного суточного и сезонного хода (Flanner, 2009)

Parameter name	Symbol	Default values
Surface albedo	$\alpha$	0.101
Surface emissivity	$\epsilon$	0.86
Surface heat conductivity	$\lambda_s$	$0.767 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Surface heat capacity	$C_{v,s}$	$1.25 \times 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-1}$
Building height	$H$	15 m
Canyon height-to-width ratio	$\frac{h}{w_c}$	1.5
Roof fraction	$R$	0.667



Albedo	0.081 (snow-free)
Emissivity	0.89 (snow-free)
Heat conductivity	$1.55 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Heat capacity	$2.50 \times 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-1}$



# Инструменты на базе городских параметризаций

## □ Региональные модели атмосферы и деятельного слоя суши с городскими параметризациями:

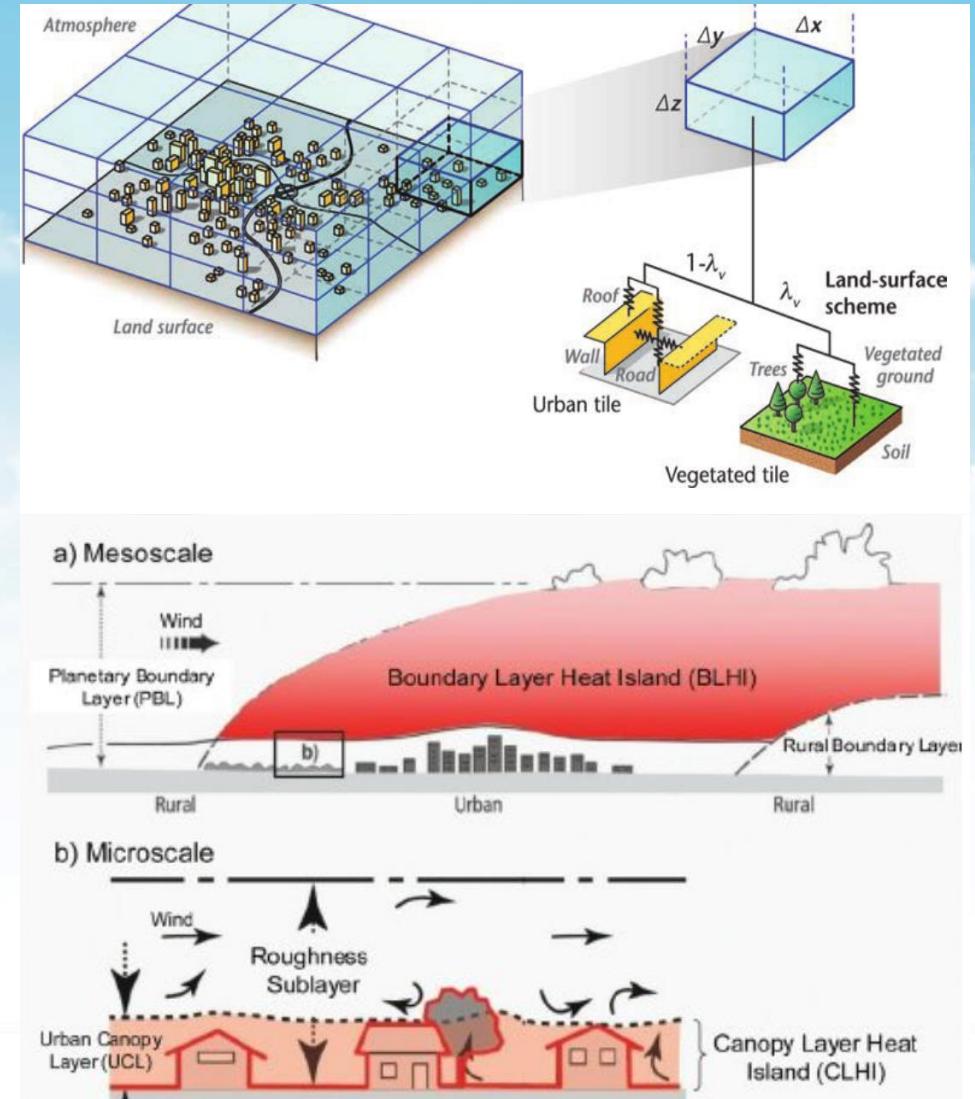
- Weather Research and Forecast (WRF & WRF-Chem, <https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>)
- COSMO & COSMO-ART (<https://www.cosmo-model.org/>)
- Hirlam
- Unified Model ([UK Met Office](#))
- Meso-NH ([MeteoFrance](#))

## □ Модели городского пограничного слоя

- UrbClim ([de Ridder et al., 2015](#))
- MUCLIMO

## □ Модели городского полога в «оффлайн» режиме

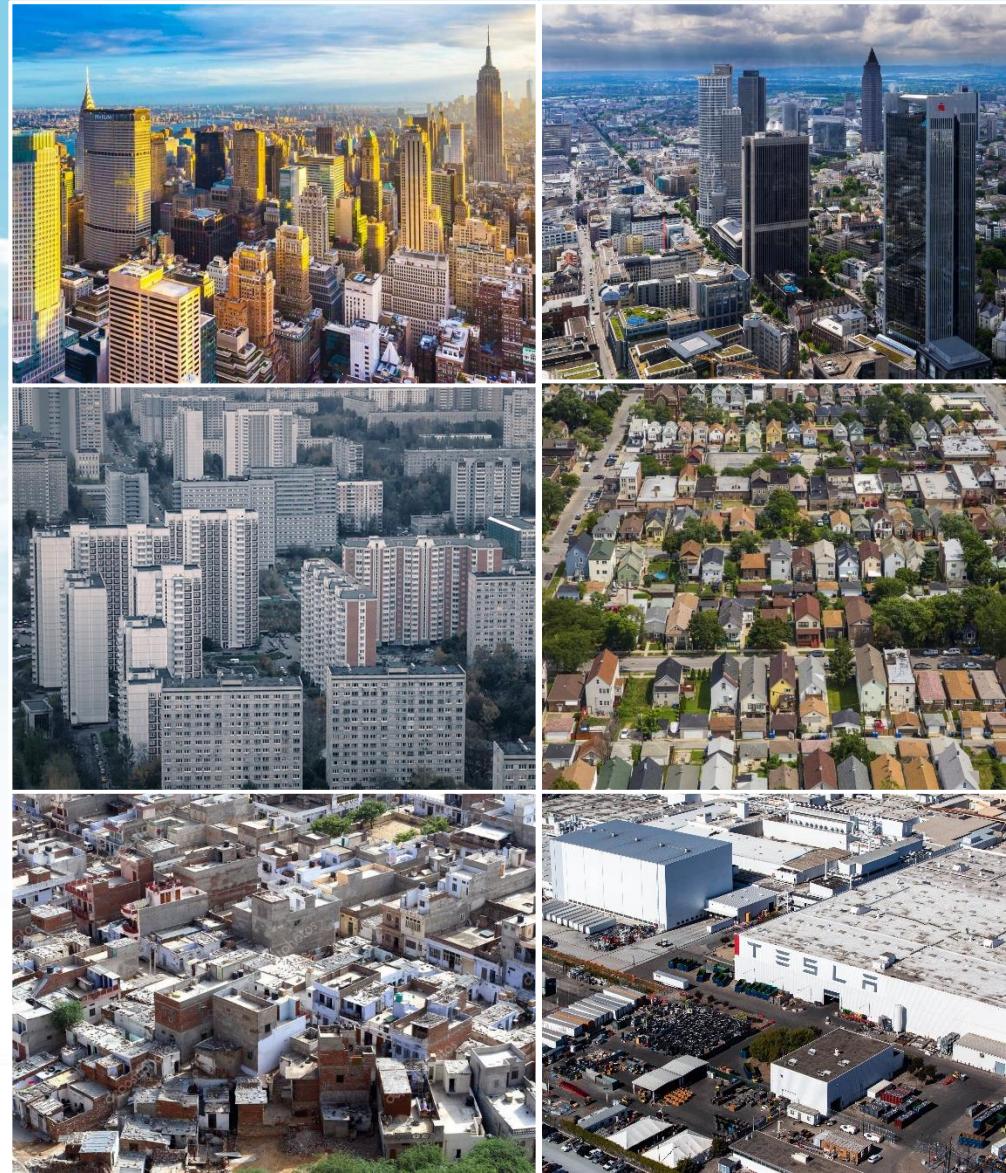
- ТЕВ, ВЕР, SLUCM, ...



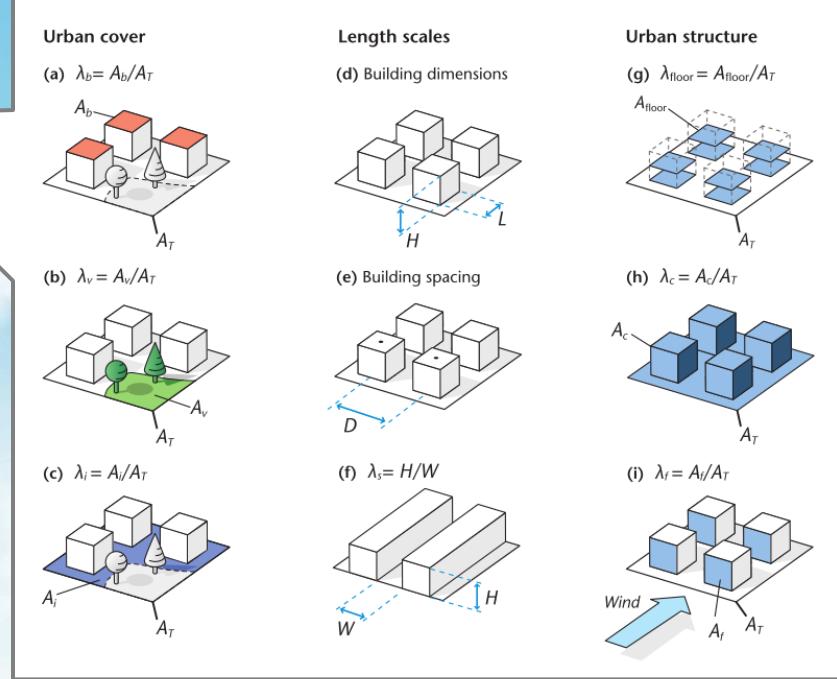
# Входные данные для моделей



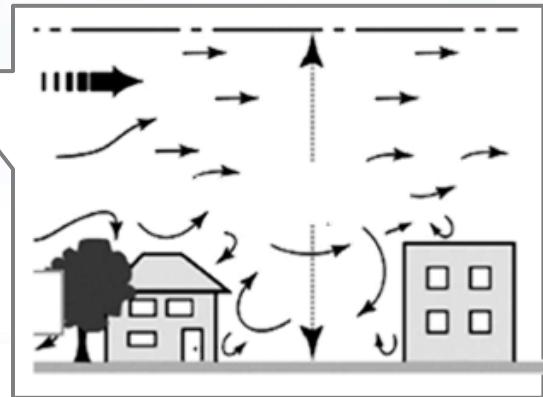
# Входные параметры для моделей



Urban canopy  
parameters  
(city-descriptive  
parameters)



Urban-atmosphere  
interaction



Urban impacts on  
weather and climate

# Входные параметры для моделей

## Основные параметры городской среды, необходимые для городских моделей

- Доля площади, занятая городской средой
- Геометрические и теплофизические параметры застройки
- Антропогенный поток тепла

Parameter name	Default values
Surface albedo	0.101
Surface emissivity	0.86
Surface heat conductivity	$0.767 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Surface heat capacity	$1.25 \times 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-1}$
Building height	15 m
Canyon height-to-width ratio	1.5
Roof fraction	0.667

Теплофизические параметры

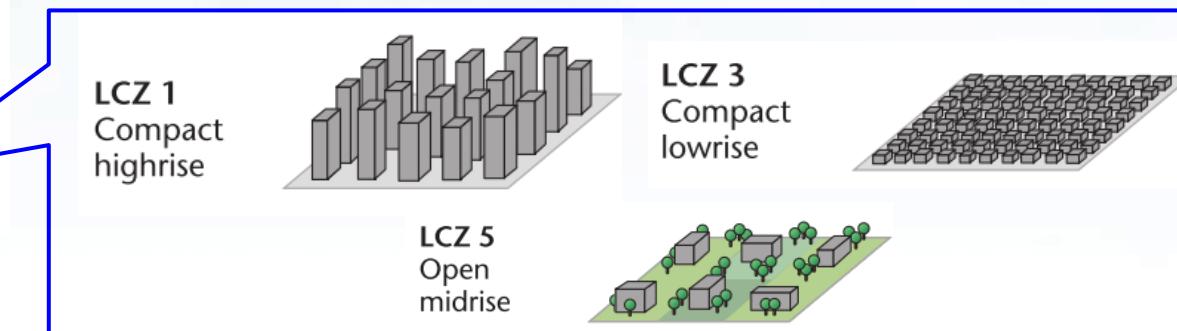
Геометрические параметры



Black roofs in Moscow

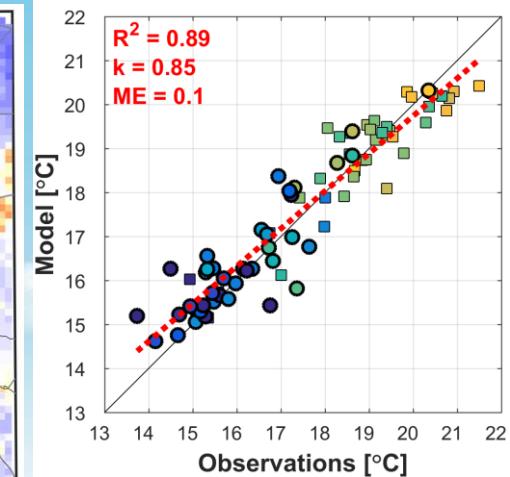
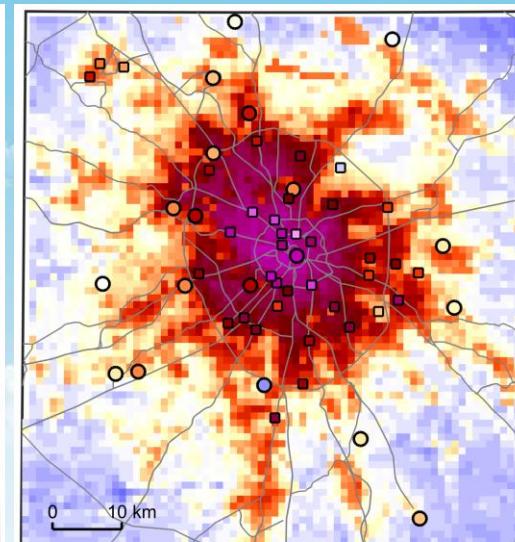
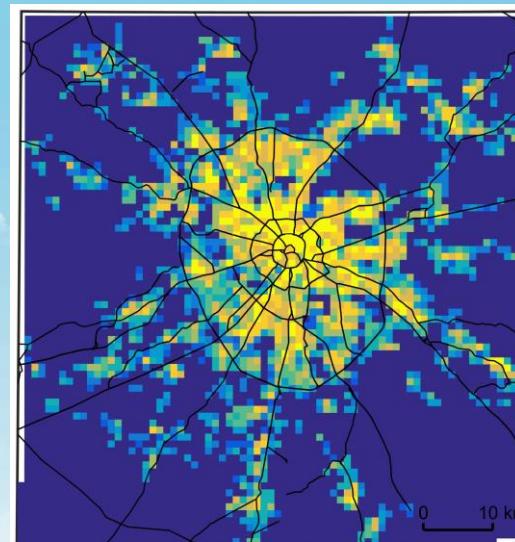


White roofs in Capri

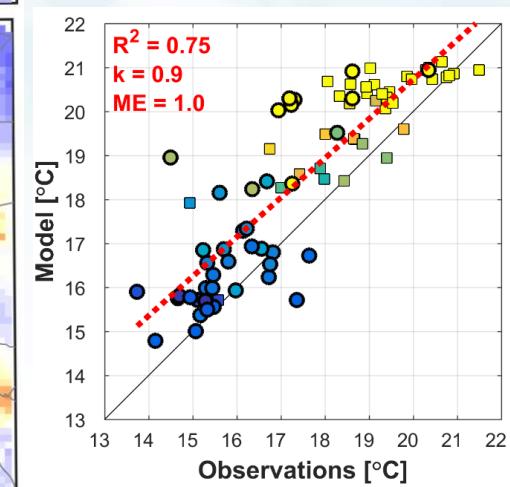
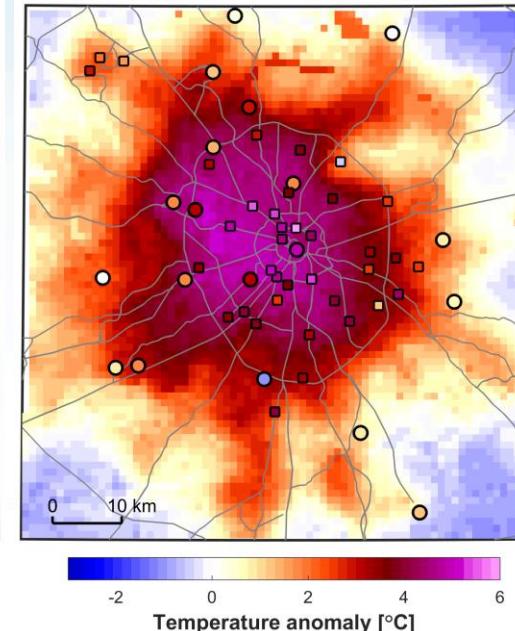
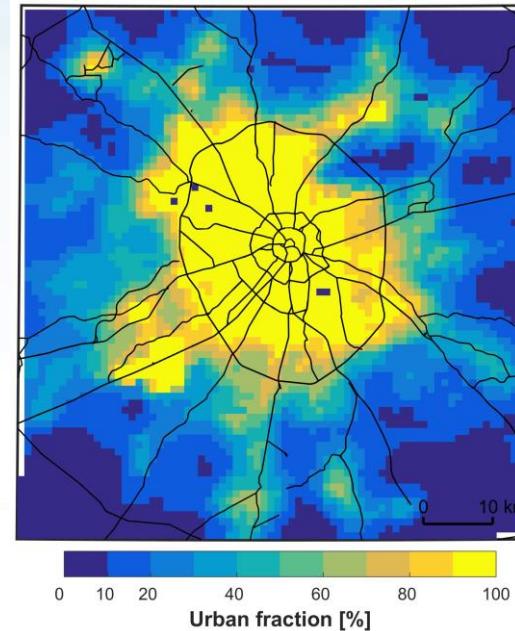


# Плохие входные данные → плохие результаты

Реалистичная  
конфигурация  
застройки



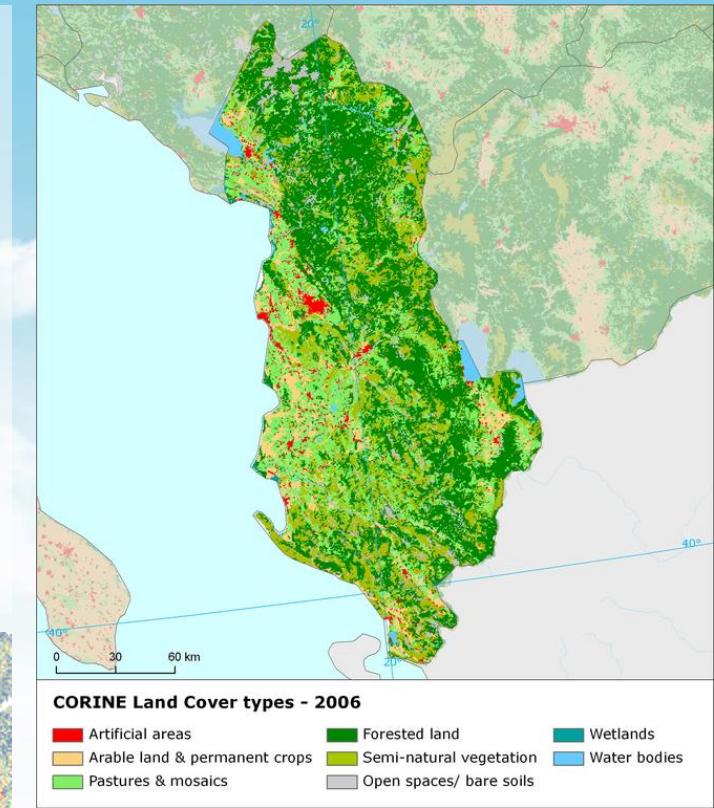
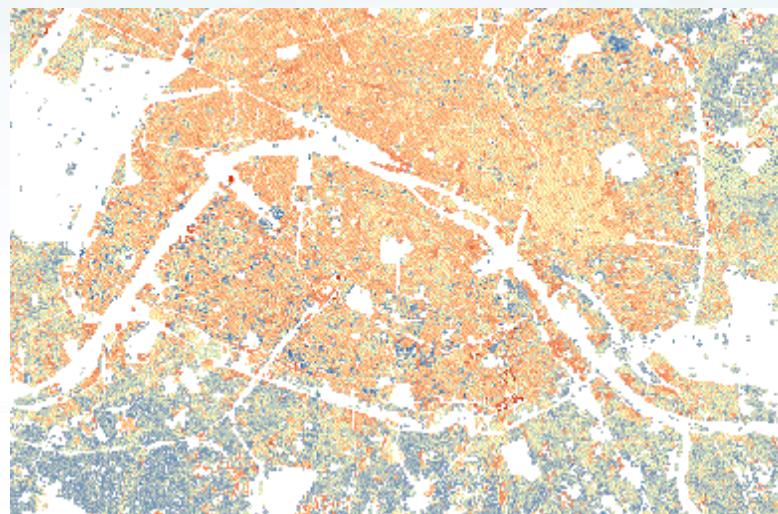
Данные по  
умолчанию



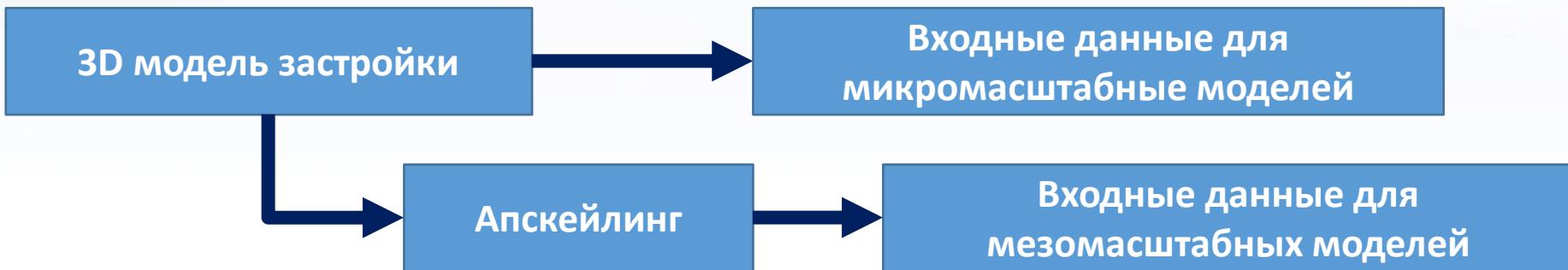
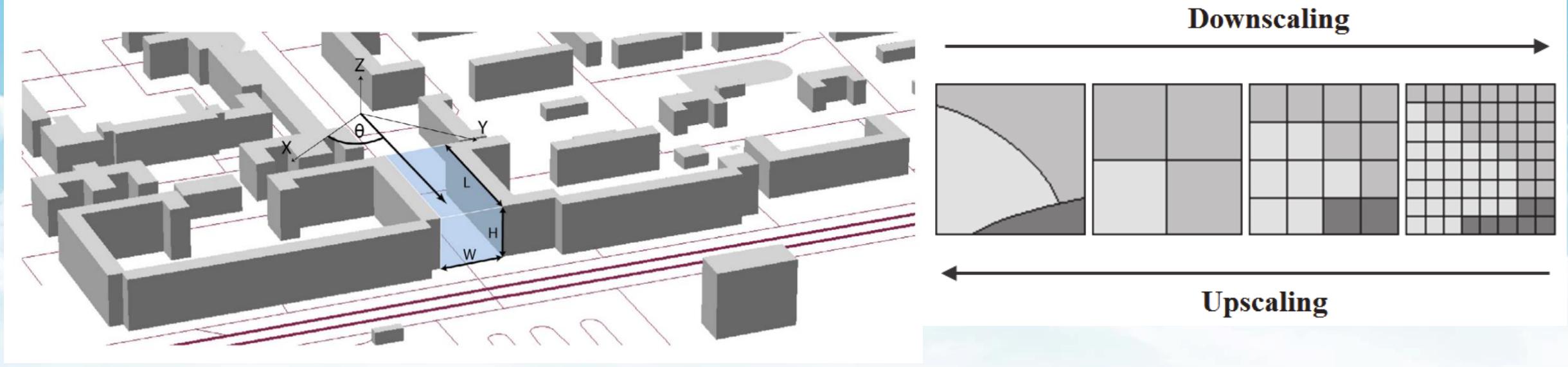
Ночная температура и ОТ за 5-25 августа  
2017 ([Varentsov et al., 2020](#))

# Источники пространственных данных

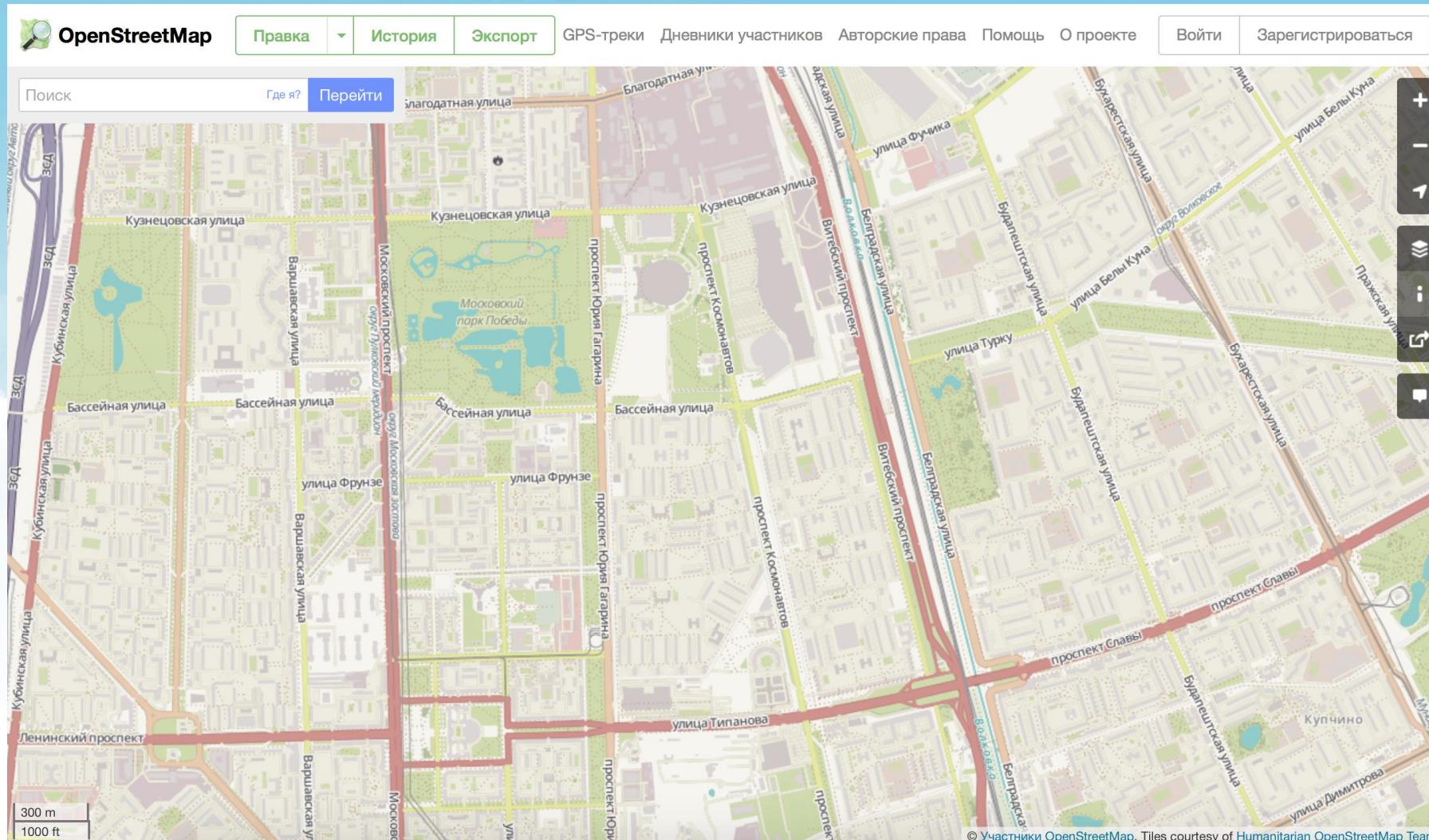
- Детализированные картографические данные в векторном формате (здания, дороги, зеленые насаждения и пр.)
  - Открытые свободно-распространяемые данные
  - Закрытые или частично открытые данные организаций и частных компаний (Геоцентр.Консалтинг, <https://digimap.ru/>; Яндекс.Карты, Google Maps, местные администрации и пр.)
- Глобальные/региональные базы данных о типах земельного покрова
- Глобальные/региональные специализированные базы данных о параметрах городской среды, необходимых для моделирования



# Векторные картографические данные



# Данные OpenStreetMap



<http://www.openstreetmap.org>

# Данные OpenStreetMap

OpenStreetMap Правка История Экспорт GPS-треки Дневники участников Авторские права Помощь О проекте iamste

**iamste**  
Мои правки 25 | Мои заметки | Мои треки 0 | Мой дневник 0 | Мои комментарии | Мои настройки  
Зарегистрирован: 23 мая 2013 | Условия участия: Приняты больше 1 года назад

**Аккаунт дает возможность вносить правки в карту и быть полноценным участником сообщества**

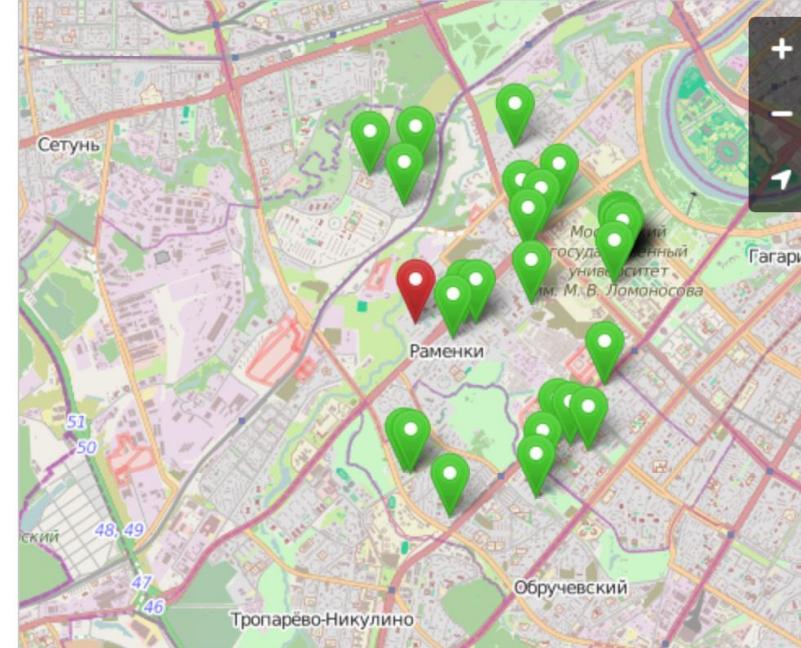
**Ваши друзья**  
Вы не добавили ещё ни одного друга.

**Другие ближайшие пользователи**  
правки соседей | дневники соседей

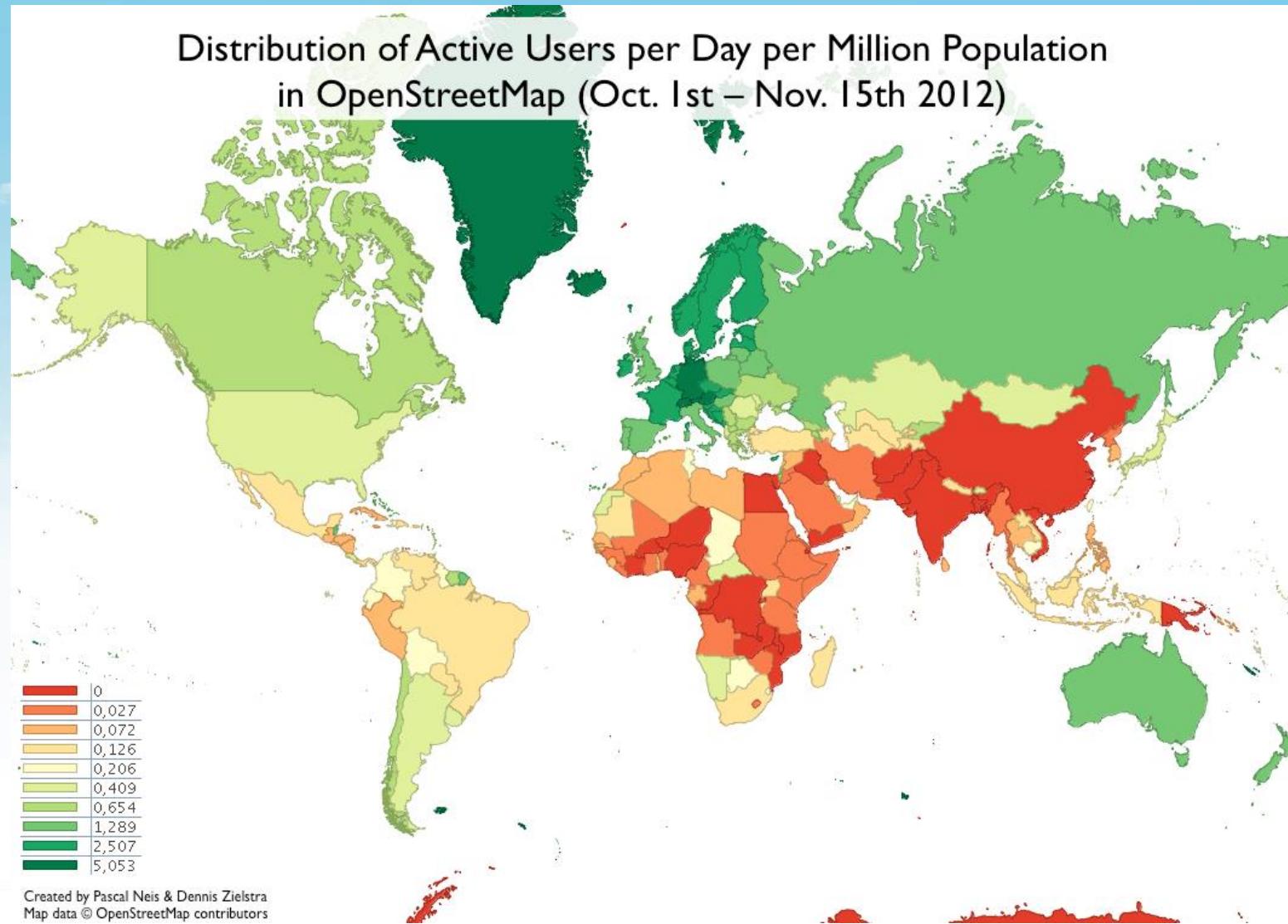
**Renat A** (534 м от вас)  
Последняя правка (больше 3 лет назад): "Добавлена дорога к садоводству"  
Отправить сообщение | Добавить в друзья

**17** maydond (640 м от вас)  
(нет правок)  
Отправить сообщение | Добавить в друзья

**parshin** (790 м от вас)  
Последняя правка (11 месяцев назад): "По результатам ПВД"  
Отправить сообщение | Добавить в друзья



# Данные OpenStreetMap



# Данные OpenStreetMap

## Здания

Key	Value
building	yes



- Тег **building = yes** означает, что объект является зданием и его следует интерпретировать как полигональный объект
- Это минимальная форма, которая используется, когда точно не известен тип здания, или этот тип отмечен отдельным тегом **building:type=\***
- Примеры:
  - **building = apartments** многоквартирный жилой дом,
  - **building = hospital** больница,
  - **building = industrial** промышленное строение,

## Атрибуты зданий

<a href="#">entrance</a>	yes / main / exit / service / emergency	Вход в здание.
<a href="#">height</a>	number	Высота в метрах
<a href="#">building:levels</a>	number	Этажность
<a href="#">building:fireproof</a>	yes/no	Информация об огнестойкости при пожаре.
<a href="#">building:levels</a>	number	Этажность
<a href="#">min_level</a>	number	Минимальный этаж
<a href="#">max_level</a>	number	Максимальный этаж (обычно не используется)

В OSM здания - это, в том числе, *подземные сооружения* с помещениями.

К зданиям относятся, в том числе (но не исключительно): жилые здания, промышленные здания (производственные цеха, складские здания), сельскохозяйственные постройки для хранения продукции, материалов и содержания животных

# Данные OpenStreetMap

## Типы землепользования

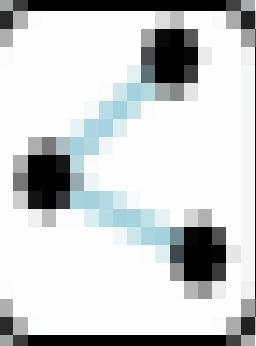
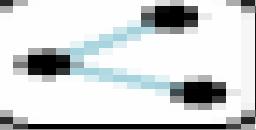
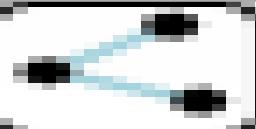
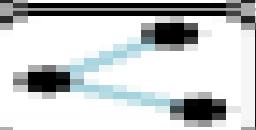
Землепользование кодируется с помощью тега **landuse=\***

Ключ	Значение	Элементы	Описание	Обозначение	Фото
<a href="#">landuse</a>	<a href="#">allotments</a>		Земельные участки, предоставленные местным жителям для выращивания овощей и цветов. Можно использовать для обозначения <a href="#">садоводческих товариществ</a> , приусадебных участков, <a href="#">огородов</a> . <a href="#">Allotment (gardening)</a>		
<a href="#">landuse</a>	<a href="#">basin</a>		Бассейны стока		
<a href="#">landuse</a>	<a href="#">brownfield</a>		Расчищенные от строений районы под новую застройку		
<a href="#">landuse</a>	<a href="#">cemetary</a>		Кладбища. <i>religion="religion"</i> религия захоронения (список <a href="#">здесь</a> ) Малые захоронения можно указывать как <i>amenity="grave_yard"</i>		

# Данные OpenStreetMap

## surface=\*

Тег surface используется для более подробного описания покрытия. Этот тег может использоваться с теми объектами, где поверхность покрыта каким-либо материалом.

Ключ	Значение	Элементы	Описание	Фото
<a href="#">surface</a>	paved		Этот тег ставится на линию, вместе тегом ( <a href="#">highway</a> ), если дорога, которую он описывает, в основном имеет твёрдое (не сыпучее) покрытие по всей длине, например покрыта битумом, асфальтом или вымощена камнем ( <i>Это общее, грубое описание поверхности</i> ).	
<a href="#">surface</a>	asphalt		<a href="#">Асфальтобетон</a> , обычно называемый <a href="#">асфальтом</a> .	
<a href="#">surface</a>	cobblestone		Булыжник. Специально уложенные относительно ровными поверхностями вверх камни. К булыжникам не применяют дополнительную обработку.	
<a href="#">surface</a>	cobblestone:flattened		То же, что и брусчатка <a href="#">surface=sett</a>	

# Данные OpenStreetMap

## Как и где скачать?

**HOT EXPORT TOOL**

1 Describe    2 Formats    3 Data

**File Formats** See Learn (Export Formats)  
format.

- Shapefile [.shp](#)
- GeoPackage [.gPKG](#)
- Garmin [.img](#)
- Google Earth [.kml](#)
- OSM [.PBF](#)
- MAPS.ME [.MWM](#)
- OsmAnd [.OBF](#)
- MBTiles [.MBTILES](#)

OpenStreetMap database last updated 2

Contact Us

**HOT EXPORT TOOL**

1 Describe    2 Formats    3 Data    4 Summary

**Tag Tree**

Search for a feature type...    Clear

Buildings

- Building Names and Geometries
  - Addresses
  - Materials and Condition
- Commercial
- Communication
- Education
- Emergency
- Financial
- Government

**Communication**  
**Geometry types:** point, polygon  
**Keys:**

- name
- office
- man\_made
- tower
- operator
- communication:mobile
- communication:radio

**Where:**  
office='telecommunication' OR "tower:type"='communication'  
OR

**YAML**

SEARCH

Tools

- BOX
- DRAW
- THIS VIEW
- IMPORT

ZOOM TO SELECTION

Area Of Interest (AOI)

Custom Polygon Cloned Area

20 km

© OpenStreetMap contributors. © Mapbox

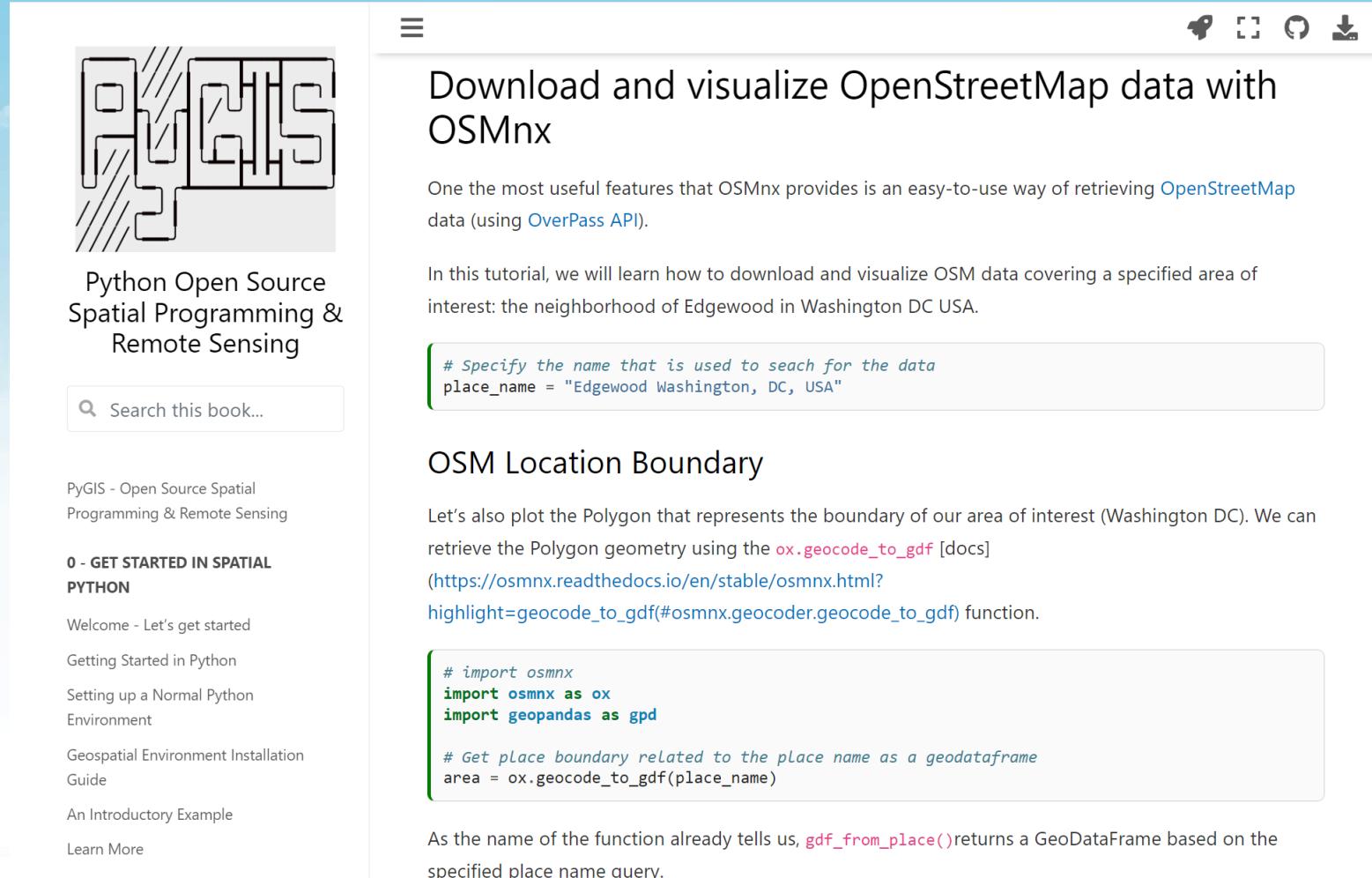
Made with ❤ by HOT and friends

Fork the Code

<https://export.hotosm.org/>

# Данные OpenStreetMap

## Как и где скачать?



The screenshot shows a section of the PyGIS documentation titled "Download and visualize OpenStreetMap data with OSMnx". The page includes a search bar, a navigation menu, and several code snippets in a code editor-like interface.

**PyGIS - Open Source Spatial Programming & Remote Sensing**

Search this book...

PyGIS - Open Source Spatial Programming & Remote Sensing

0 - GET STARTED IN SPATIAL PYTHON

- Welcome - Let's get started
- Getting Started in Python
- Setting up a Normal Python Environment
- Geospatial Environment Installation Guide
- An Introductory Example
- Learn More

Download and visualize OpenStreetMap data with OSMnx

One the most useful features that OSMnx provides is an easy-to-use way of retrieving OpenStreetMap data (using OverPass API).

In this tutorial, we will learn how to download and visualize OSM data covering a specified area of interest: the neighborhood of Edgewood in Washington DC USA.

```
# Specify the name that is used to seach for the data
place_name = "Edgewood Washington, DC, USA"
```

### OSM Location Boundary

Let's also plot the Polygon that represents the boundary of our area of interest (Washington DC). We can retrieve the Polygon geometry using the `ox.geocode_to_gdf` [docs] ([https://osmnx.readthedocs.io/en/stable/osmnx.html?highlight=geocode\\_to\\_gdf#osmnx.geocoder.geocode\\_to\\_gdf](https://osmnx.readthedocs.io/en/stable/osmnx.html?highlight=geocode_to_gdf#osmnx.geocoder.geocode_to_gdf)) function.

```
# import osmnx
import osmnx as ox
import geopandas as gpd

# Get place boundary related to the place name as a geodataframe
area = ox.geocode_to_gdf(place_name)
```

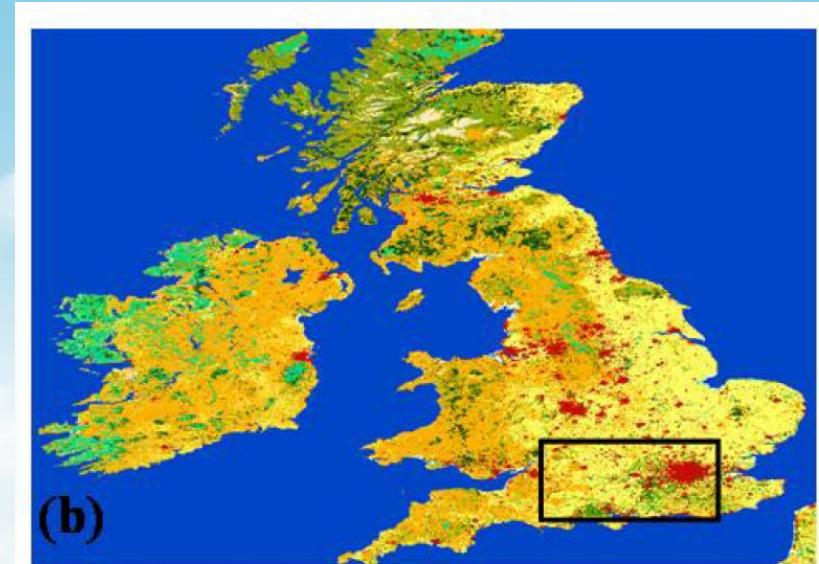
As the name of the function already tells us, `gdf_from_place()` returns a GeoDataFrame based on the specified place name query.

[https://pygis.io/docs/d\\_access\\_osm.html](https://pygis.io/docs/d_access_osm.html)

# Данные о типах земельного покрова

Пример: Globcover 2009

Value	Global Globcover legend (level 1)
11	Post-flooding or irrigated croplands
14	Rainfed croplands
20	Mosaic Cropland (50-70%) / Vegetation (grassland, shrubland, forest) (20-50%)
30	Mosaic Vegetation (grassland, shrubland, forest) (50-70%) / Cropland (20-50%)
40	Closed to open (>15%) broadleaved evergreen and/or semi-deciduous forest (>5m)
50	Closed (>40%) broadleaved deciduous forest (>5m)
60	Open (15-40%) broadleaved deciduous forest (>5m)
70	Closed (>40%) needleleaved evergreen forest (>5m)
90	Open (15-40%) needleleaved deciduous or evergreen forest (>5m)
100	Closed to open (>15%) mixed broadleaved and needleleaved forest (>5m)
110	Mosaic Forest/Shrubland (50-70%) / Grassland (20-50%)
120	Mosaic Grassland (50-70%) / Forest/Shrubland (20-50%)
130	Closed to open (>15%) shrubland (<5m)
140	Closed to open (>15%) grassland
150	Sparse (>15%) vegetation (woody vegetation, shrubs, grassland)
160	Closed (>40%) broadleaved forest regularly flooded - Fresh water
170	Closed (>40%) broadleaved semi-deciduous and/or evergreen forest regularly flooded - Saline water
180	Closed to open (>15%) vegetation (grassland, shrubland, woody vegetation) on regularly flooded or waterlogged soil - Fresh, brackish or saline water
190	Artificial surfaces and associated areas (urban areas >50%)
200	Bare areas
210	Water bodies
220	Permanent snow and ice



# Данные о типах земельного покрова

Data set	Satellite data	Reference & URL	Grid step	Years	Urban class definition	Unit
<b>MODIS Landcover</b> (WRF's default)	MODIS TERRA & AQUA	Sulla-Menashe and Friedl (2018); <a href="https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproducts/mod12.php">modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproducts/mod12.php</a>	500 m	2001-2020	<i>Urban and built-up lands (at least 30% impervious area)</i>	Binary class
<b>ESA GlobCover</b> (COSMO's default)	ENVISAT, MERIS	Bontemps et al. (2011) <a href="http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php">due.esrin.esa.int/page_globcover.php</a>	300 m	2009	<i>Artificial surfaces and associated areas</i>	Binary class
<b>ESA Climate Change Initiative (ESA CCI)</b>	MERIS, AVHRR, SPOT-VGT, PROBA-V, S3 OLCI	<a href="https://www.esa-landcover-cci.org/">https://www.esa-landcover-cci.org/</a>	300 m	1992-2015	<i>Urban areas</i>	Binary class
<b>Ecoclimap Second Generation</b>	ESA CCI	<a href="https://opensource.umr-cnrm.fr/projects/ecoclimap-sg/wiki">https://opensource.umr-cnrm.fr/projects/ecoclimap-sg/wiki</a>	300 m	2015(?)	<b><i>Local Climate Zones (LCZs) according to Stewart &amp; Oke (2012)</i></b>	<b>LCZ class</b>
<b>Corine LandCover (only EU)</b>	Landsat, Sentinel	<a href="https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover">https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover</a>	100 m	2000-2018	<b><i>11 urban classes: continuous/discontinuous urban fabric, industry, airports, etc.</i></b>	Class type
<b>Copernicus Global Land Cover (CGLC)</b>	PROBA-V	Buchhorn et al. (2020); <a href="http://lcviewer.vito.be/">lcviewer.vito.be/</a> <a href="https://zenodo.org/records/3939050">https://zenodo.org/records/3939050</a>	100 m	2015-2019	<i>Land covered by buildings and other man-made structures</i>	<b>Area fraction</b>
<b>GlobeLand30 (GL30)</b>	TM5 ETM+, Landsat, HJ-1, GF-1	Jun et al., (2014); <a href="http://www.globallandcover.com/home_en.html">www.globallandcover.com/home_en.html</a>	30 m	2000, 2010, 2020	<i>Artificial Surfaces (All kinds of habitation in urban and rural areas, industrial and mining area)</i>	Binary class
<b>ESA Worldcover</b>	Sentinel 1, 2	Zaranga et al, 2021; <a href="http://viewer.esa-worldcover.org/worldcover/">viewer.esa-worldcover.org/worldcover/</a> <a href="https://zenodo.org/records/5571936">https://zenodo.org/records/5571936</a>	10 m	2020	<i>Land covered by buildings, roads, etc.</i> <b><i>Urban green is not included.</i></b>	Binary class

Больше данных в Google и Zenodo

# Специализированные базы данных

## ☐ Базы данных об искусственных/урбанизированных поверхностях и их типах

Data set	Satellite data	Reference & URL	Grid step	Years	Urban class definition	Unit
Global Man-made Impervious Surface (GMIS)	Landsat	de Colstoun et al., (2017); <a href="https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/ulandsat-gmis-v1">sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/ulandsat-gmis-v1</a>	30 м	2010	<i>man-made imperviousness</i>	Fraction
Global Human Built-up And Settlement Extent (HBASE)		Wang et al., (2017); <a href="https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/ulandsat-hbase-v1">sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/ulandsat-hbase-v1</a>	30 м	2010	<i>urban extent</i>	Fraction
Global Artificial Impervious Areas (GAIA)		Gong et al., (2020); <a href="http://data.ess.tsinghua.edu.cn/">http://data.ess.tsinghua.edu.cn/</a>	30 м	1985-2018	<i>impervious areas</i>	Binary class
Global/continental LCZ maps		Demuzere et al., (2019; 2019; 2022) <a href="https://www.wudapt.org/lcz-maps/">https://www.wudapt.org/lcz-maps/</a>	100 м		<b>17 Local climate zones (LCZs)</b>	LCZ class

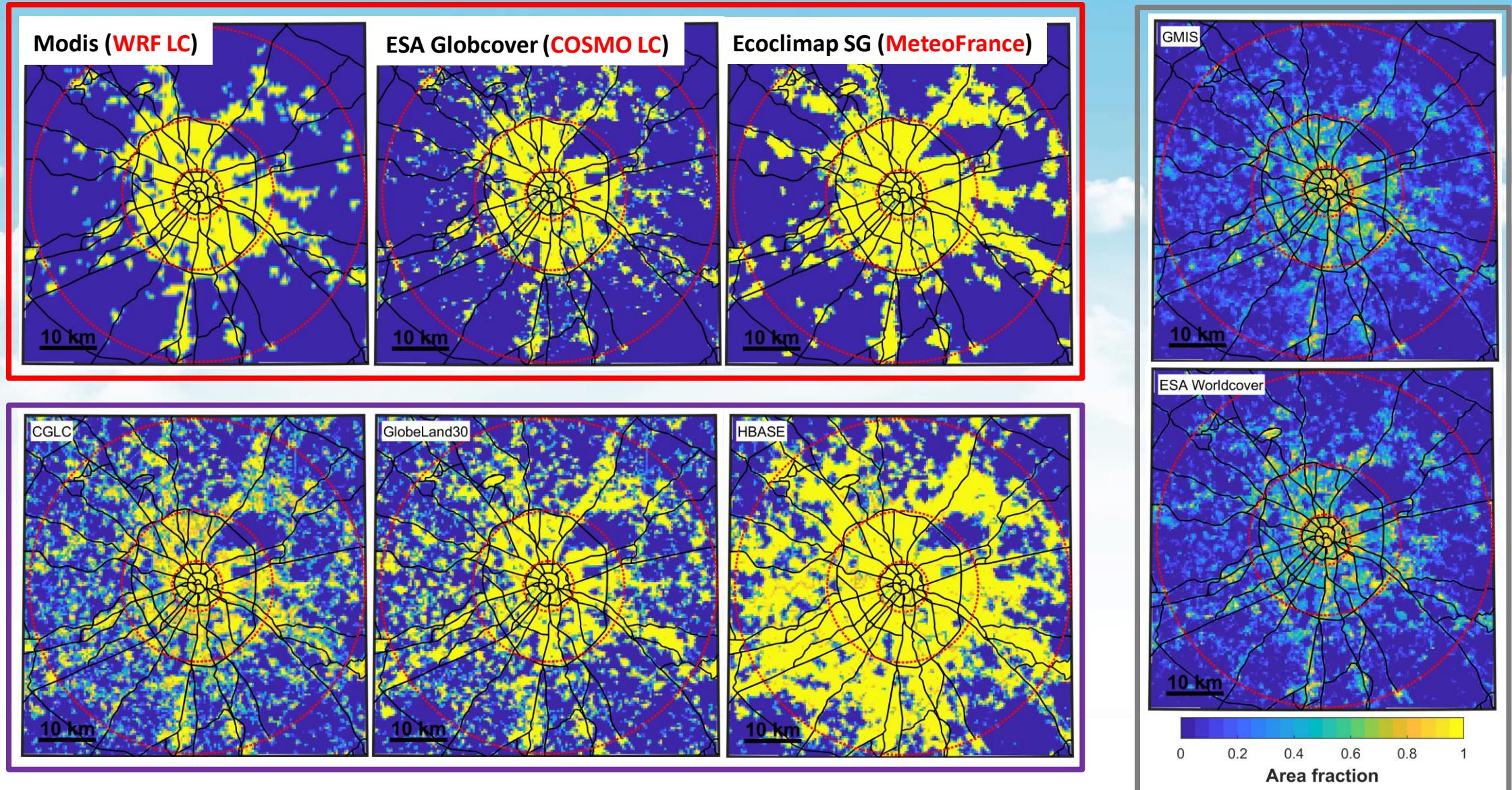
## ☐ Базы данных об антропогенном потоке тепла

- [Flanner et al., 2009](#) → <https://www.cgd.ucar.edu/projects/ahf>
- [Dong et al, 2017](#) → <https://urbanclimate.tse.ens.titech.ac.jp/2017/02/01/ahe/>
- [Jin et al., 2019](#) → <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4182824>
- [Varques et al., 2021](#) → [https://figshare.com/articles/dataset/Global\\_1-km\\_present\\_and\\_future\\_hourly\\_anthropogenic\\_heat\\_flux/12612458/6](https://figshare.com/articles/dataset/Global_1-km_present_and_future_hourly_anthropogenic_heat_flux/12612458/6)

## ☐ Базы данных о геометрических параметрах застройки

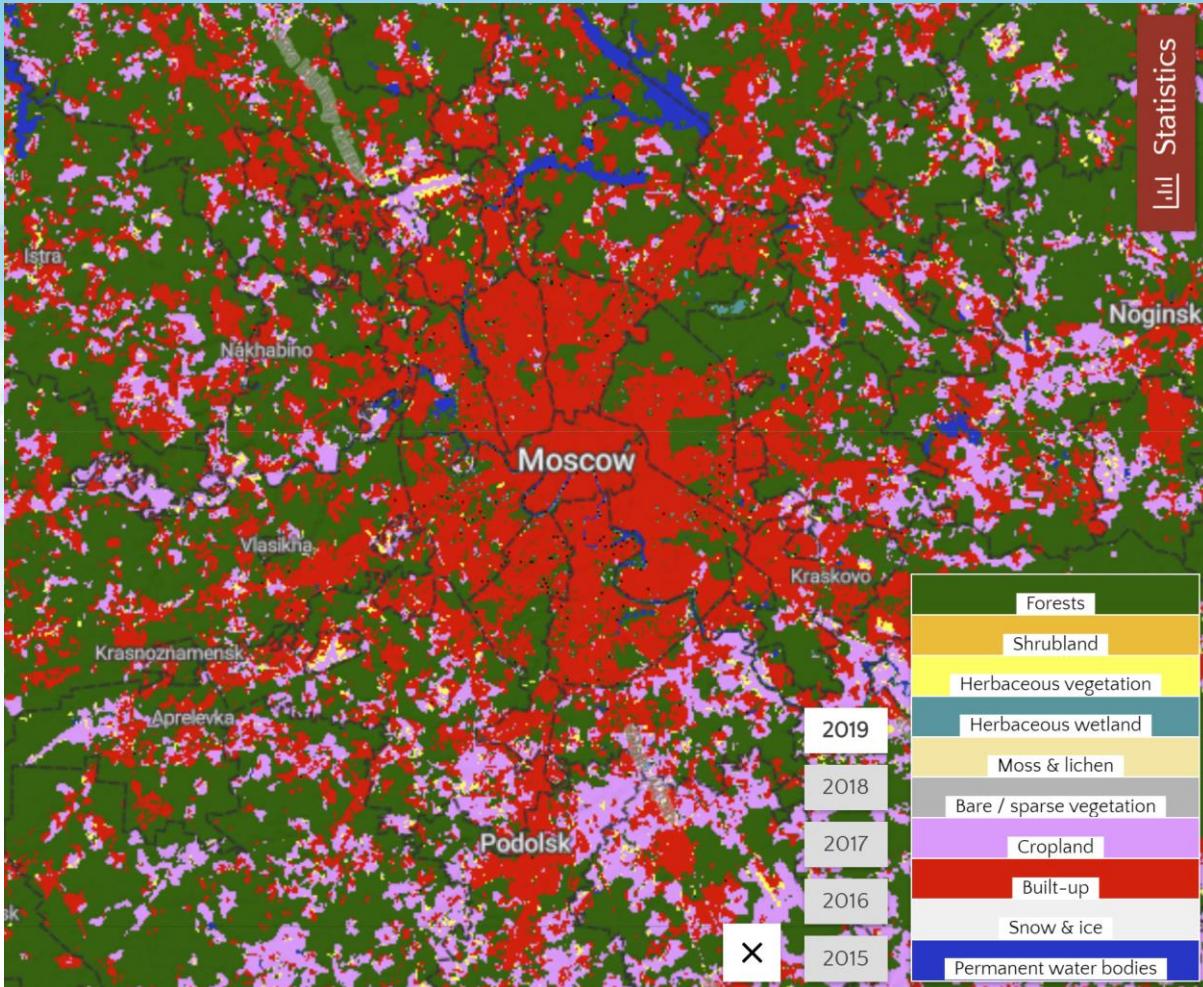
- EU Urban Atlas Building Height, <https://land.copernicus.eu/en/products/urban-atlas/building-height-2012>
- GHSL - Global Human Settlement Layer, <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/index.php>
- Mapuce (France), <http://mapuce.orbisgis.org/>

# Неопределенность глобальных БД

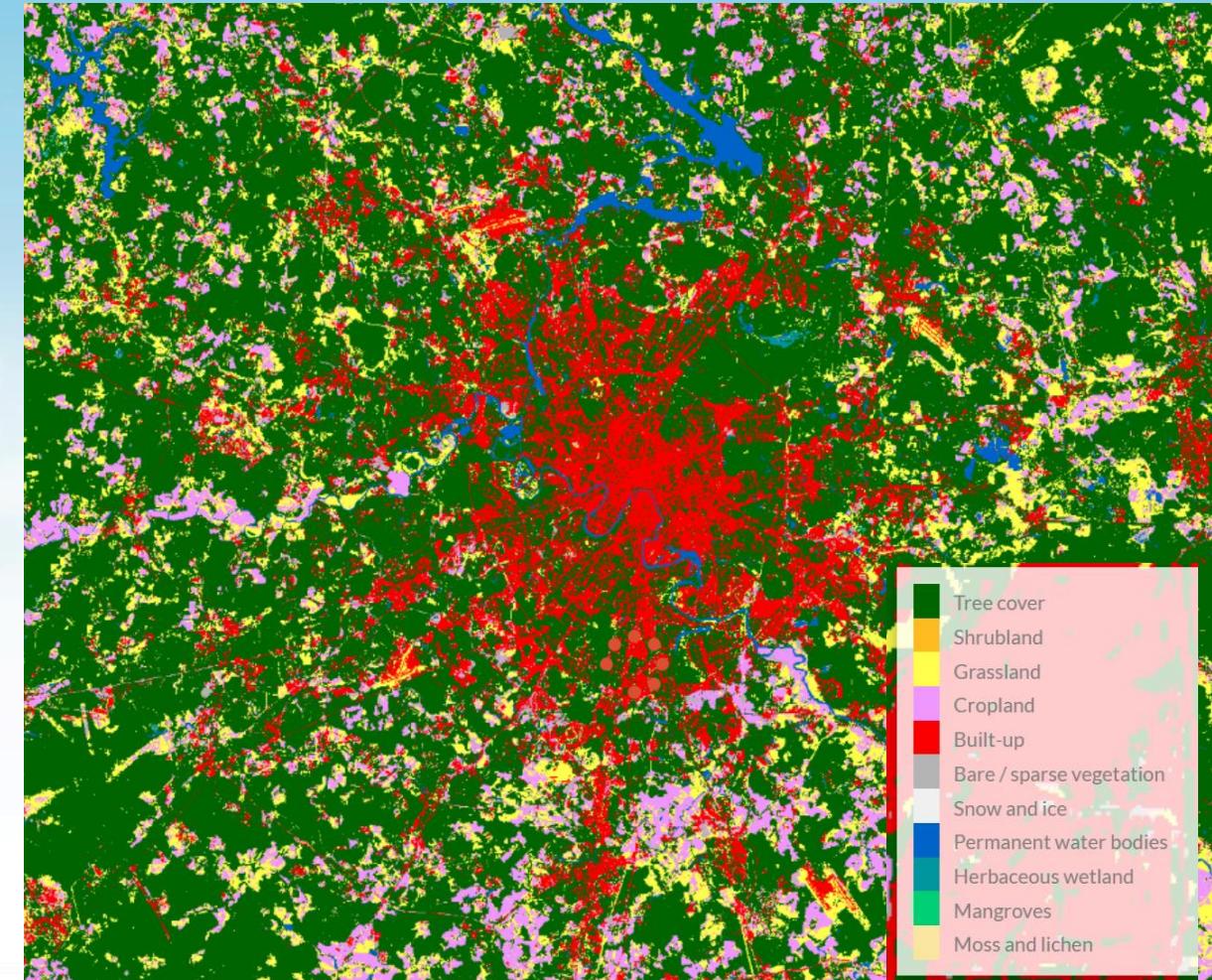


# Сравнение CGLC & Worldcover

CGLC (100 m grid)

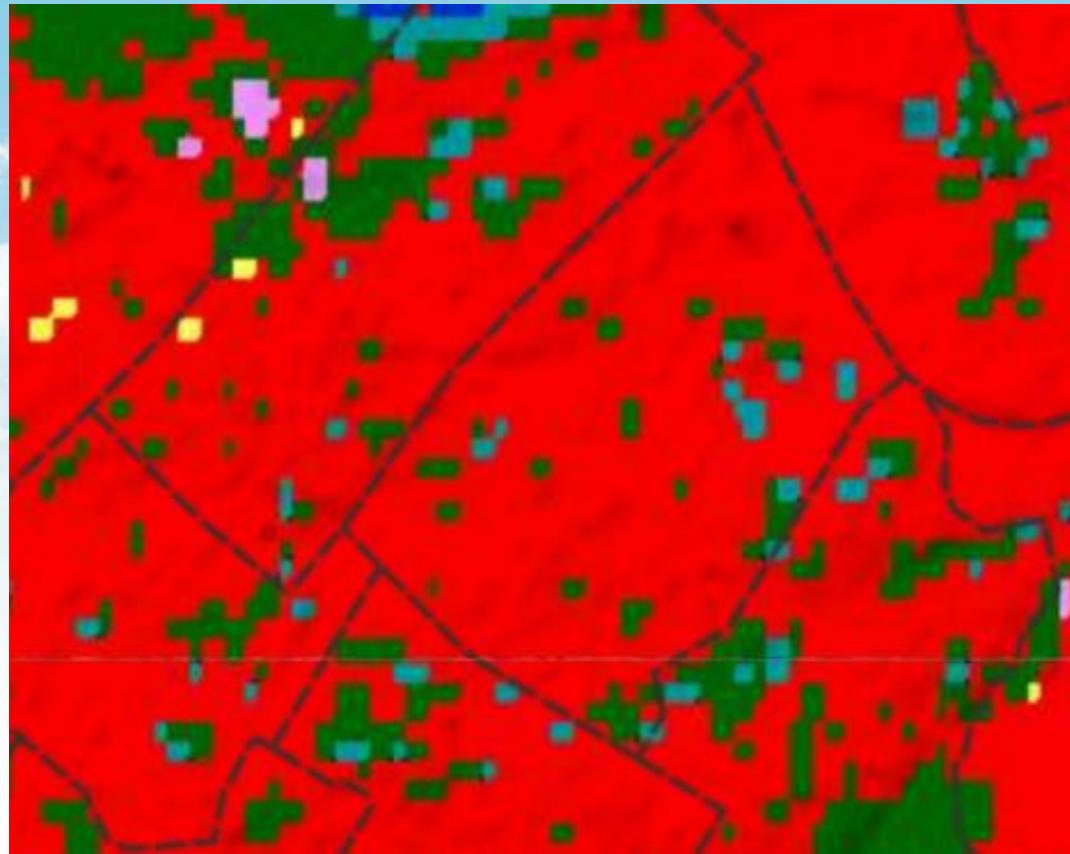


Worldcover (10 m grid)



# Сравнение CGLC & Worldcover

CGLC (100 m grid)

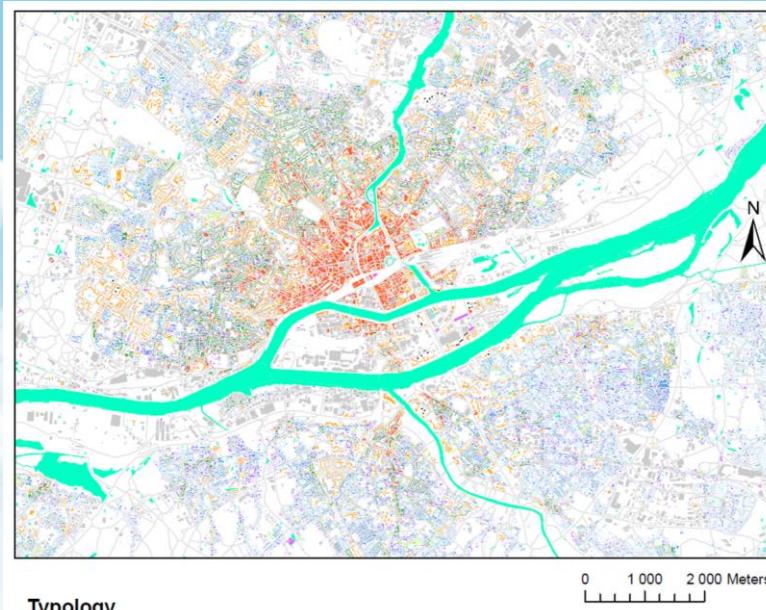


Worldcover (10 m grid)



# Что с параметрами застройки?

MAPUCE (Франция)



NUDAPT (США)

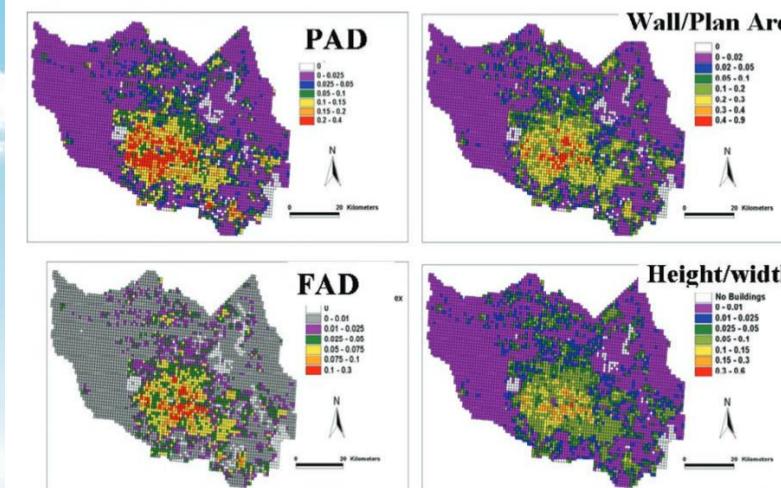
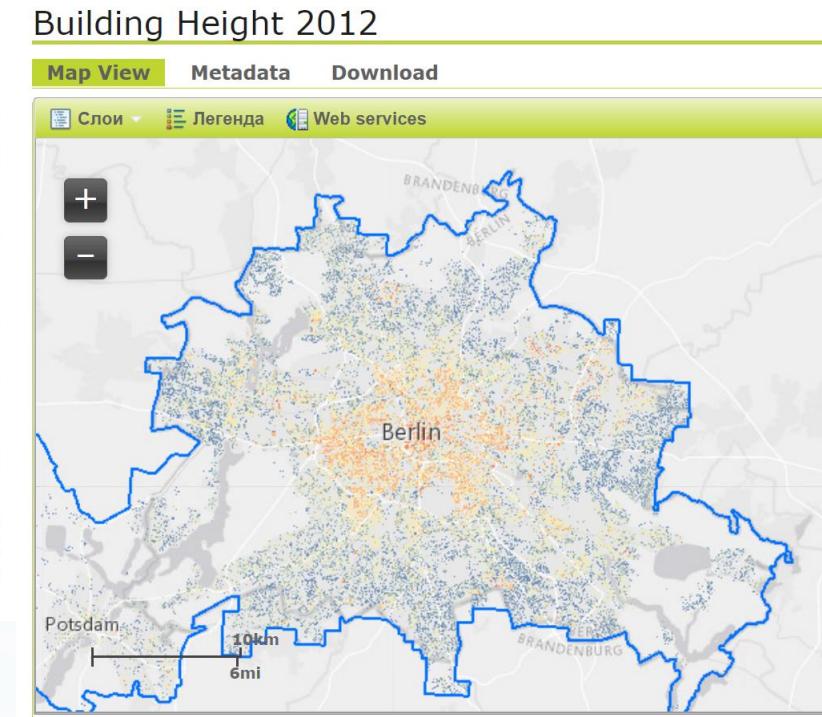


FIG. 2. Selected UCPs derived for 1-km<sup>2</sup> cells for Harris County, TX, as used in the urbanized MM5 system. PAD is plan area density, and FAD is frontal area density of the buildings in each cell. Note that each cell has a unique combination of UCPs.

EU Urban Atlas



# Что с параметрами застройки?

## GHSL - Global Human Settlement Layer

Open and free data and tools for assessing the human presence on the planet



### GHS-BUILT-S New release

The spatial raster dataset depicts the distribution of built-up surfaces, expressed as number of square metres. The data report about the total built-up surface and the built-up surface allocated to dominant non-residential (NRES) uses.



### GHS-BUILT-H New release

The spatial raster dataset depicts the spatial distribution of the building heights as extracted from the filtering of a composite of global digital elevation models (DEM) and the filtering of satellite imagery using linear regression techniques.

<https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/index.php>

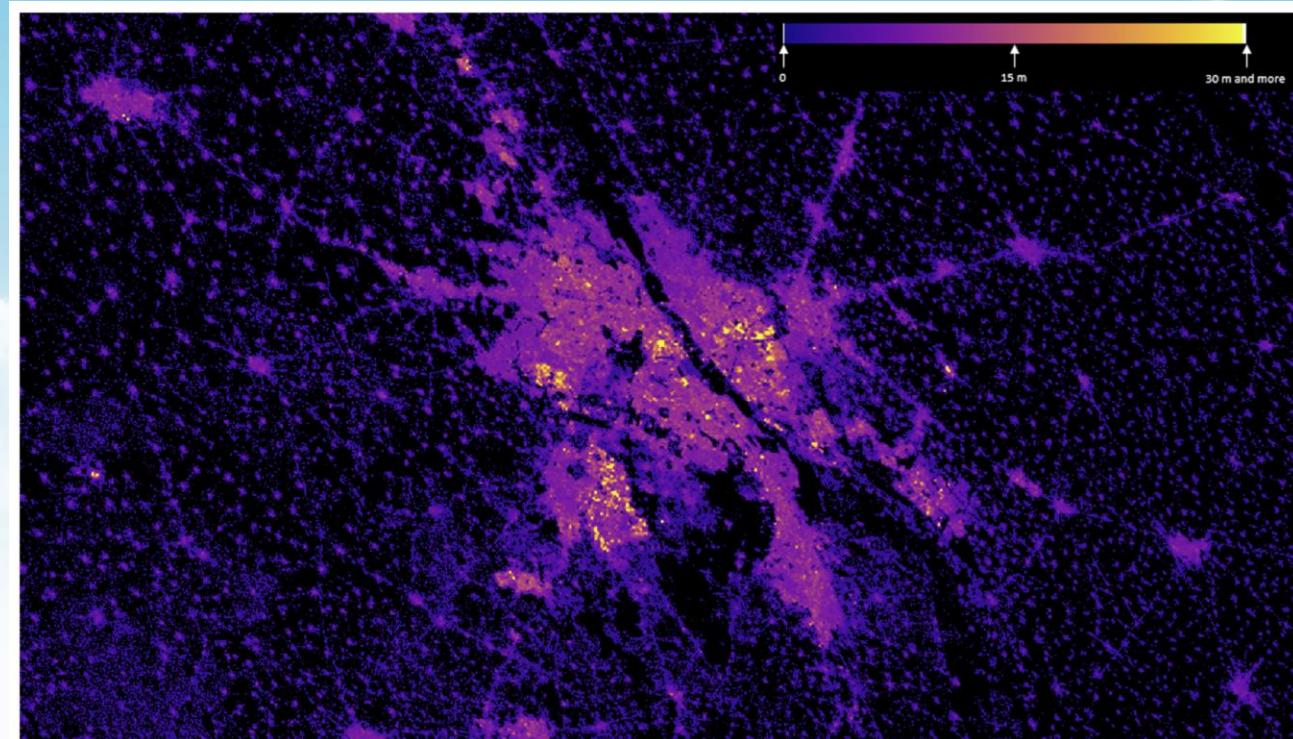


Figure 12 - Average building height (ANBH 100m) estimates in Delhi (India).

# Что с параметрами застройки?

Больше данных в Google и Zenodo

## World Urban Morphological Parameters Open Dataset (WUMPOD)

Patel, Pratiman<sup>1</sup>  ; Roth, Matthias<sup>1</sup> 

Show affiliations

WUMPOD is available with a spatial resolution of 500 m in Cloud Optimized GeoTIFF (COG) format and WRF-WPS format for easy access and utilization within the WRF modelling system. The COG format uses "Lempel–Ziv–Welch (LZW)" compression, overviews are embedded, and contains separate files of the following urban morphological parameters; MH (mean building height), STDH (standard deviation of building height), HGT (area weighted mean building height), LP (building plan area fraction), LB (building surface to plan area fraction), LF (frontal aspect ratio for cardinal directions of 0, 45, 90, and 135 degrees), LC (complete aspect ratio), H2W (height to width ratio), HI [0-75 m] (percentage distribution of building heights at every 5 m up to 75 m), Z0M, ZDM (Roughness length and displacement height according to Macdonald et al. (1998) for 0, 45, 90, and 135 directions), urban fraction (from WorldCover 2021) and missing building fraction. The WRF-WPS binary dataset contains additional variables, i.e., Z0S, ZDS (Roughness length and displacement height according to Grimmond and Oke (1999)), Z0R, and ZDR (Roughness length and displacement height according to Raupach (1994) for 0, 45, 90, and 135 directions), but it does not contain missing and urban fraction variables. Please read WRF-WPS readme file to use it in the WRF simulations. It is important to note that WRF-WPS binary, when uncompressed is approximately 630 GB. It is advised that user check disk space before uncompressing the file.

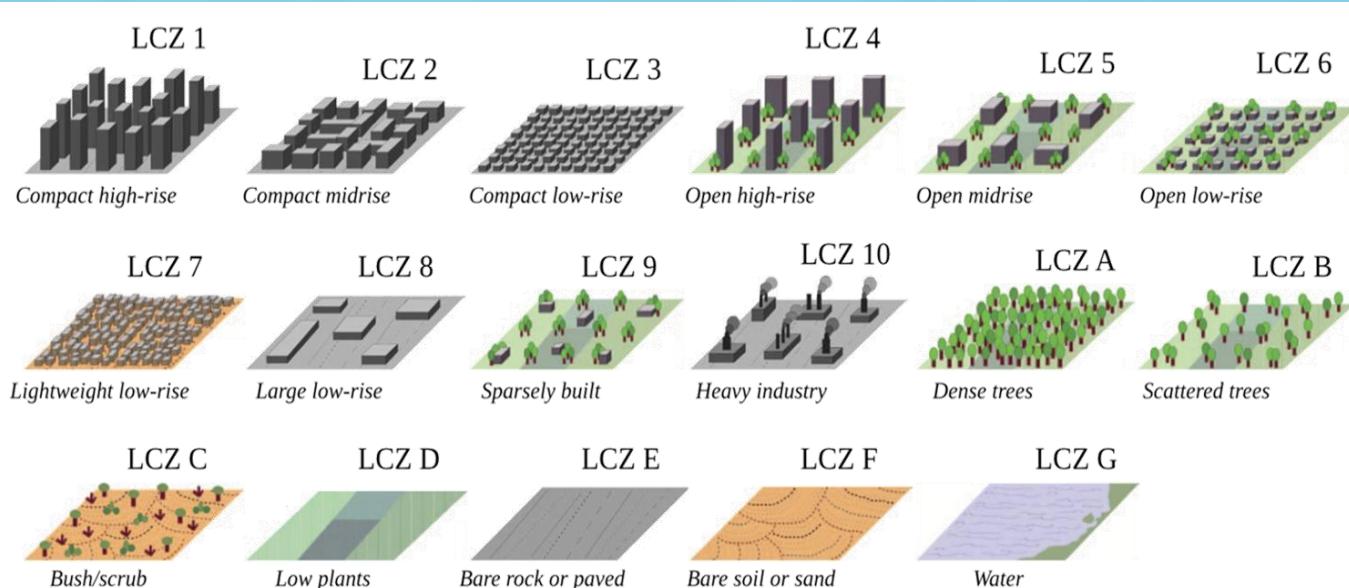
The urban fraction in WRF-WPS format is available at <https://zenodo.org/records/7298393>

### Abstract (English)

Urbanization is associated with the physical growth of cities, which disrupts the local ecosystem through changes to the energy balance and outputs of waste heat, greenhouse gases or air pollutants. Over 50% of the global population resides in urban areas characterized by particular urban climates, making them increasingly vulnerable to climate change-related risks. To project future conditions or address climate adaptation and mitigation challenges, global climate models are starting to incorporate urban physics while regional and high-resolution climate models have made progress in utilizing urban canopy models representing the urban surface. However, the lack of comprehensive global urban morphology data limits these efforts and accuracy of predictions. Obtaining global data, such as building height and footprint, is a complex and computationally costly process, and existing community initiatives such as NUDAPT, MapUCE, and deep learning approaches are limited to regional coverage. The present dataset aims to create a high-resolution (500 m) global database using only open data sources to support global climate modelling and improve urban-scale climate projections.

<https://zenodo.org/records/10039127>

# Локальные климатические зоны



- Local climate zones (LCZs) concept by [Stewart and Oke \(2012\)](#)
- WUDAPT crowdsourcing initiative ([Ching et al., 2018](#)) to generate LCZ maps for the world's cities
- European and US LCZ maps is available ([Demuzere et al., 2019, 2020](#)), global map under development
- Local LCZ maps could be easily created with LCZ Generator ([Demuzere et al., 2021](#))

Local climate zone (LCZ)	Sky view factor <sup>a</sup>	Aspect ratio <sup>b</sup>	Building surface fraction <sup>c</sup>	Impervious surface fraction <sup>d</sup>	Pervious surface fraction <sup>e</sup>	Height of roughness elements <sup>f</sup>	Terrain roughness class <sup>g</sup>
LCZ 1 Compact high-rise	0.2–0.4	> 2	40–60	40–60	< 10	> 25	8
LCZ 2 Compact midrise	0.3–0.6	0.75–2	40–70	30–50	< 20	10–25	6–7
LCZ 3 Compact low-rise	0.2–0.6	0.75–1.5	40–70	20–50	< 30	3–10	6
LCZ 4 Open high-rise	0.5–0.7	0.75–1.25	20–40	30–40	30–40	> 25	7–8
LCZ 5 Open midrise	0.5–0.8	0.3–0.75	20–40	30–50	20–40	10–25	5–6
LCZ 6 Open low-rise	0.6–0.9	0.3–0.75	20–40	20–50	30–60	3–10	5–6
LCZ 7 Lightweight low-rise	0.2–0.5	1–2	60–90	< 20	< 30	2–4	4–5
LCZ 8 Large low-rise	> 0.7	0.1–0.3	30–50	40–50	< 20	3–10	5
LCZ 9 Sparsely built	> 0.8	0.1–0.25	10–20	< 20	60–80	3–10	5–6
LCZ 10 Heavy industry	0.6–0.9	0.2–0.5	20–30	20–40	40–50	5–15	5–6
LCZ A Dense trees							
LCZ B Scattered trees							
LCZ C Bush/scrub							
LCZ D Low plants							
LCZ E Bare rock or paved							
LCZ F Bare soil or sand							
LCZ G Water							

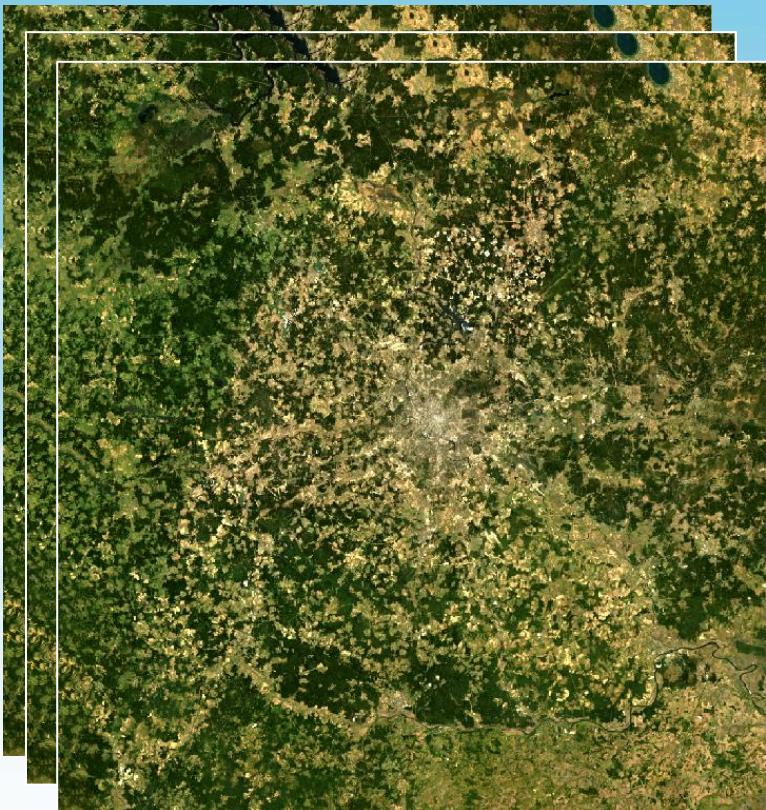
## World Urban Database

World Urban Database and Access Portal Tools



Ching, J., Mills, G., Bechtel, B., See, L., Feddema, J., Wang, X., ... Theeuwes, N. (2018). WUDAPT: An Urban Weather, Climate, and Environmental Modeling Infrastructure for the Anthropocene. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(9), 1907–1924. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0236.1>

# Локальные климатические зоны



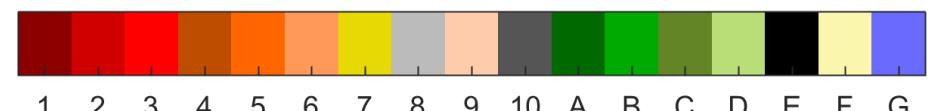
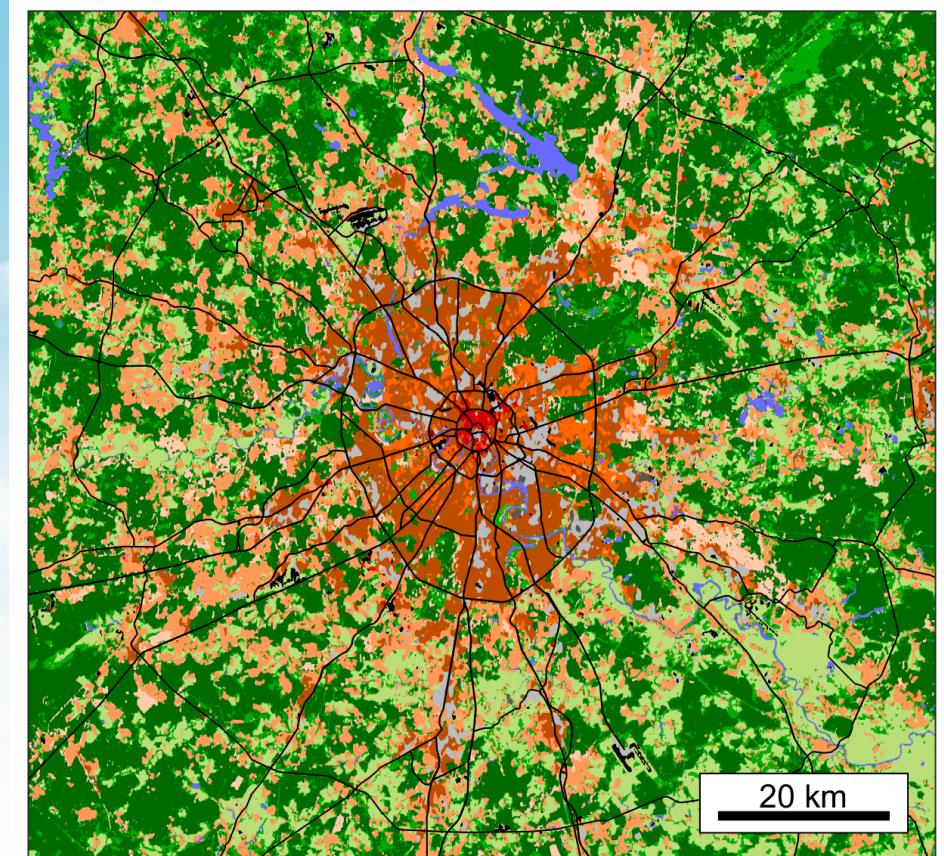
Input features: Landsat 8, Sentinel

1 & 2, Other ...

Training Polygons



Random forest  
classifier



LCZ Map

# Выделение эталонов ЛКЗ

Property	Examples		Property	Examples	
<b>Size</b> Think at the local scale. Individual buildings do not constitute an LCZ. Look for large homogenous areas that are at a minimum 200 m wide at the narrowest point. Use Google Earth's measurement tool to ensure the area is large enough.			<b>Persistence   Seasonality</b> Avoid construction sites, as they are likely to change LCZ type during a short period of time.		
<b>Shape</b> Avoid complex shapes, as this can lead to mixed spectral information. Simple block shapes however will maximize the homogeneity of the spectral information and the number of available satellite pixels available within the shape.			The surface characteristics of some LCZ types may depend on the seasonality. Agricultural areas (LCZ D, crops) are a typical example, where land cover may flip from bare soil to cultivated land throughout the year. Use the Google Earth's time slider to explore seasonality.		
<b>Homogeneity</b> If you digitize a training area, the surface characteristics should be similar. In case of doubt, better to digitize different training areas that are homogeneous than one area that is too heterogeneous.			Keep in mind tidal or seasonal waters. Depending on the time of day or season of the year, shorelines or river beds might be dry or contain water.		
<b>Borders   Distance</b> Try to keep a minimum distance to other LCZs when classifying. If polygons from different classes are too close to each other, the classifier will receive mixed spectral signals which will affect the quality of the classification.  Similarly, do not digitize your training area too close to other land cover(s). Also, avoid precise digitization along road or river segments, features that are often too narrow.			<b>Spatial Distribution</b> Distribute training areas over the entire region of interest, as the same LCZs might differ in their appearance and spectral properties for different parts of your region of interest.		

- Можно выполнять в Google Earth
- Инструкция от WUDAPT: <https://www.wudapt.org/digitize-training-areas/>
- Шаблон файла: [https://www.wudapt.org/wp-content/uploads/2020/08/WUDAPT\\_L0\\_Training\\_template.kml](https://www.wudapt.org/wp-content/uploads/2020/08/WUDAPT_L0_Training_template.kml)

# Построение карт ЛКЗ

LCZ Generator Home Training area submission Available LCZ maps FAQ

## Welcome to the LCZ Generator!

Fast and easy Local Climate Zone mapping

**Getting started:**

1. Read Demuzere et al. (2021) it serves as the primary user guide
2. Download the [Training Area Template kml file](#)
3. Create your Training Areas following the [guidelines](#)
4. Once finished, use the [submission form](#) to submit your file.
5. Fill out the fields in the submission form; fields with an asterisk (\*) are required.
  - Show detailed information
6. Submit the form. If you see a green box appear on the top of the page after clicking the submit button, your submission was successful and will be processed. If a red box appears, there was a problem with your Training Area file. Check out the [FAQ](#) for more information.
7. You will be notified via email once the processing has finished. Depending on the current load of the system it should take ~20 minutes.
8. After you received the email, your submission is also available in the [submission table](#).

[Submit your Training Area](#) [Show generated LCZ maps](#)

Please cite the tool using:

Demuzere, M., Kittner, J., Bechtel, B. (2021). LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps. *Frontiers in Environmental Science* 9:637455. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>

## Submitted LCZ Maps

LCZ maps generated with the LCZ Generator. Only the best result per author and city is displayed in this table. The authors are responsible for the quality of the LCZ map. A high OA (Overall Accuracy) does not mean that the map is correct. See the [FAQ page](#) for more details.

Overall Accuracy ≥ 0

	City	Country	Continent	Date Submitted	Author	Accuracy	
<input type="checkbox"/>	Nizhny Novgorod	Russian Federation	Europe	2021-04-14 15:01:04		0.74	<a href="#">Show Factsheet</a>
<input type="checkbox"/>	Nobosibirsk	Russian Federation	Europe	2022-05-12 04:57:56		0.67	<a href="#">Show Factsheet</a>
<input type="checkbox"/>	Novosibirsk	Russian Federation	Asia	2021-12-07 02:28:18	Aleksander Gochakov	0.71	<a href="#">Show Factsheet</a>
<input type="checkbox"/>	Novosibirsk	Russian Federation	Europe	2022-05-11 10:40:09		0.69	<a href="#">Show Factsheet</a>
<input type="checkbox"/>	Saint Petersburg	Russian Federation	Asia	2021-04-14 13:23:34	Teresa Mansheim	0.73	<a href="#">Show Factsheet</a>
<input type="checkbox"/>	Yakutsk	Russian Federation	Europe	2021-04-14 15:01:28		0.86	<a href="#">Show Factsheet</a>

<https://lcz-generator.rub.de/>

# Глобальная карта ЛКЗ

Earth Syst. Sci. Data, 14, 3835–3873, 2022  
<https://doi.org/10.5194/essd-14-3835-2022>  
© Author(s) 2022. This work is distributed under  
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Article Assets Peer review Metrics Related articles

Data description paper

## A global map of local climate zones to support earth system modelling and urban-scale environmental science

Matthias Demuzere<sup>ID</sup><sup>1</sup>, Jonas Kittner<sup>ID</sup><sup>1</sup>, Alberto Martilli<sup>2</sup>, Gerald Mills<sup>ID</sup><sup>3</sup>, Christian Moede<sup>1</sup>, Iain D. Stewart<sup>4</sup>, Jasper van Vliet<sup>5</sup>, and Benjamin Bechtel<sup>ID</sup><sup>1</sup>

<sup>1</sup>Urban Climatology Group, Department of Geography, Ruhr-University Bochum, Bochum, Germany

<sup>2</sup>Environmental Department, CIEMAT, Madrid, Spain

<sup>3</sup>School of Geography, University College Dublin, Dublin, Ireland

<sup>4</sup>Global Cities Institute, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

<sup>5</sup>Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit Amsterdam, De Boelelaan 1085, 1081, HV, Amsterdam, the Netherlands

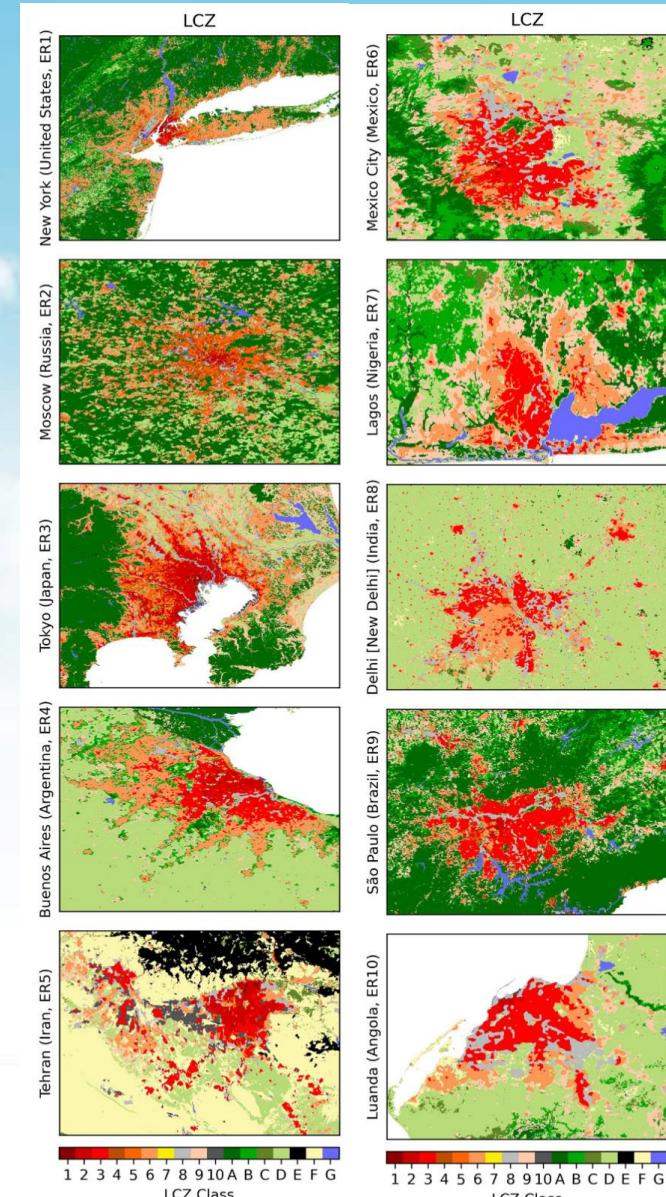
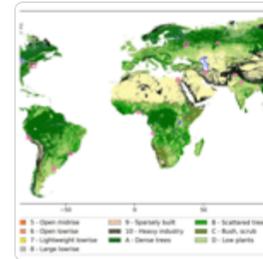
Correspondence: Matthias Demuzere (matthias.demuzere@rub.de)

<https://zenodo.org/records/8419340>

CC-BY

Attribution

29 Aug 2022



# Технические вопросы

# Работа с растровыми данными

Библиотека rasterio

File connection

```
src = rasterio.open('data/srtm.tif')
src

<open DatasetReader name='data/srtm.tif' mode='r'>
```

.read()

.meta

dict  
Metadata

```
src.meta

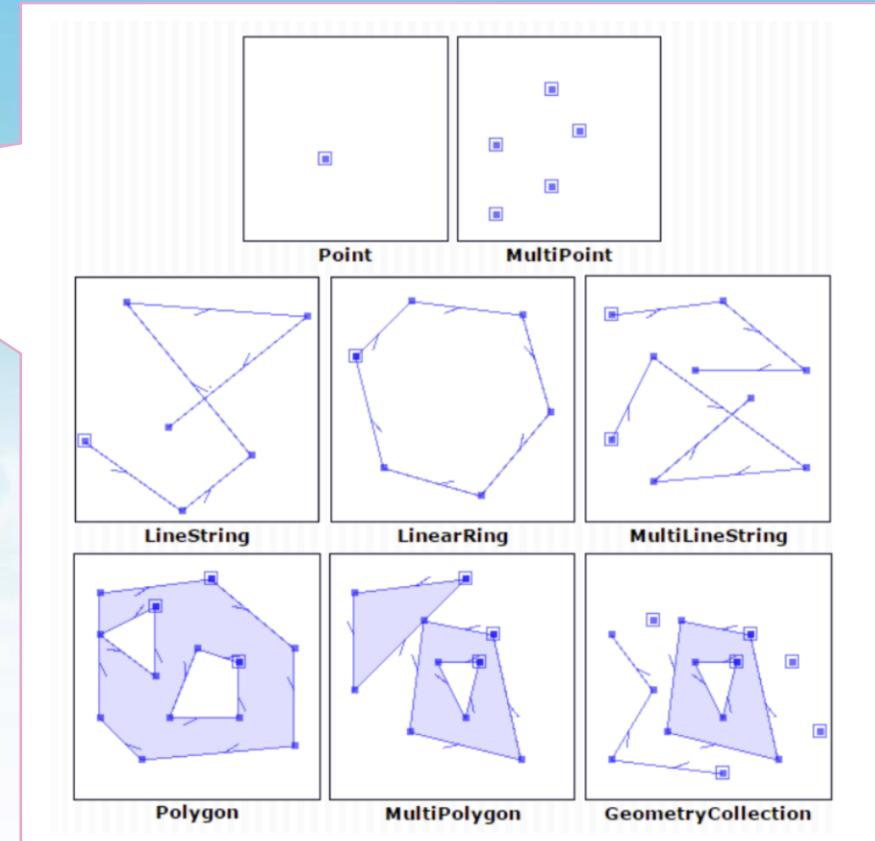
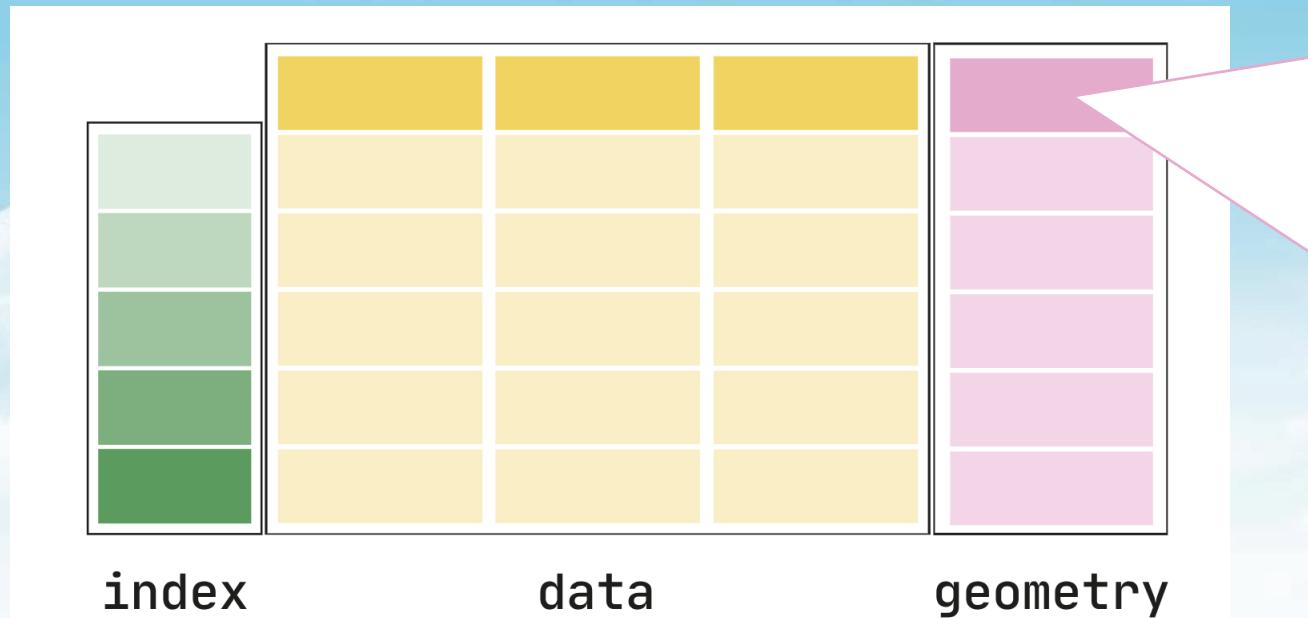
{'driver': 'GTiff',
'dtype': 'uint16',
'nodata': 65535.0,
'width': 465,
'height': 457,
'count': 1,
'crs': CRS.from_epsg(4326),
'transform': Affine(0.00083333332777796, 0.0, -113.23958321278403,
0.0, -0.00083333332777843, 37.512916763165805)}
```

ndarray  
Values

```
src.read(1)

array([[1728, 1718, 1715, ..., 2654, 2674, 2685],
[1737, 1727, 1717, ..., 2649, 2677, 2693],
[1739, 1734, 1727, ..., 2644, 2672, 2695],
...,
[1326, 1328, 1329, ..., 1777, 1778, 1775],
[1320, 1323, 1326, ..., 1771, 1770, 1772],
[1319, 1319, 1322, ..., 1768, 1770, 1772]], dtype=uint16)
```

# Работа с векторными данными (OSM)



 Shapely +  pandas =  GeoPandas

<https://geopandas.org/en/stable/>

# Практическая работа №2

## Пространственные данные для моделирования городского климата

### Часть 1. Локальные климатические зоны (ЛКЗ)

- Выделите эталоны ЛКЗ для выбранного города по [рекомендациям WUDAPT](#). Используйте при этом собственные экспертные знания, веб-карты, панорамы улиц и пр.
- Постройте региональную карту ЛКЗ используя LCZ Generator (<https://lcz-generator.rub.de/>)
- Сравните полученную региональную карту ЛКЗ с глобальной картой ЛКЗ ([Demuzere et al., 2022](#); <https://zenodo.org/records/8419340>)

### Часть 2. Глобальные базы данных

- Скачать для выбранного города данные как минимум двух различных глобальных/региональных баз данных о параметрах городской среды.
- Сравнить пространственное распределение параметров из этих баз данных с ЛКЗ (построить серию единообразных карт).

### Часть 3. Данные OpenStreetMap

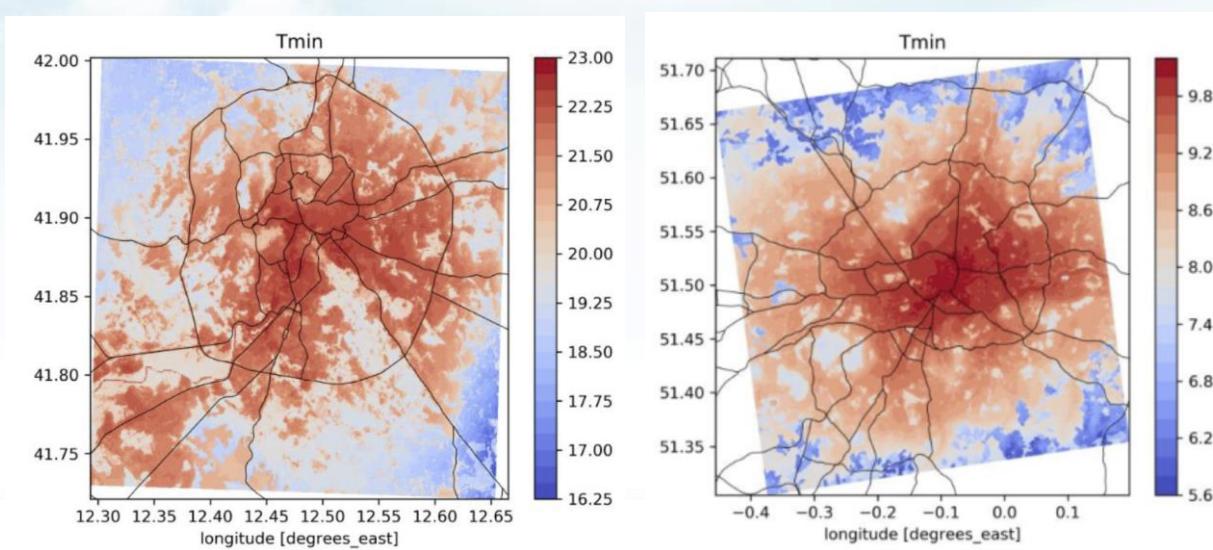
- Скачать данные о зданиях OpenStreetMap для одного из районов выбранного города. Эта территория должна включать несколько различных ЛКЗ.
- Построить карту этажности зданий.
- Рассчитать долю зданий с известной высотой и этажностью.

# Практическая работа №3

## Мезомасштабное моделирование городского климата

### Часть 1. Анализ данных мезомоделирования

- Выбрать один из городов, для которых в Copernicus Data Store доступны данные [“Climate variables for cities in Europe from 2008 to 2017”](#)
- Скачать данные по всем переменным за 1 месяц
- Скачать данные ERA5 за этот же месяц
- **To be continued ...**



City [?](#)

<input type="checkbox"/> Alicante	<input type="checkbox"/> Amsterdam	<input type="checkbox"/> Antwerp	<input type="checkbox"/> Athens	<input type="checkbox"/> Barcelona	<input type="checkbox"/> Bari
<input type="checkbox"/> Basel	<input type="checkbox"/> Belgrade	<input type="checkbox"/> Berlin	<input type="checkbox"/> Bilbao	<input type="checkbox"/> Birmingham	<input type="checkbox"/> Bologna
<input type="checkbox"/> Brasov	<input type="checkbox"/> Bratislava	<input type="checkbox"/> Brussels	<input type="checkbox"/> Bucharest	<input type="checkbox"/> Bordeaux	<input type="checkbox"/> Bordeau
<input type="checkbox"/> Cluj-Napoca	<input type="checkbox"/> Cologne	<input type="checkbox"/> Copenhagen	<input type="checkbox"/> Debrecen	<input type="checkbox"/> Charleroi	<input type="checkbox"/> Charleroi
<input type="checkbox"/> Geneva	<input type="checkbox"/> Genoa	<input type="checkbox"/> Ghent	<input type="checkbox"/> Edinburgh	<input type="checkbox"/> Dublin	<input type="checkbox"/> Dusseldorf
<input type="checkbox"/> Gyor	<input type="checkbox"/> Hamburg	<input type="checkbox"/> Helsinki	<input type="checkbox"/> Glasgow	<input type="checkbox"/> Frankfurt	<input type="checkbox"/> Gdansk
<input type="checkbox"/> Leeds	<input type="checkbox"/> Leipzig	<input type="checkbox"/> Liege	<input type="checkbox"/> Klaipeda	<input type="checkbox"/> Goteborg	<input type="checkbox"/> Graz
<input type="checkbox"/> Lodz	<input type="checkbox"/> London	<input type="checkbox"/> Luxembourg	<input type="checkbox"/> Lille	<input type="checkbox"/> Kosice	<input type="checkbox"/> Cracow
<input type="checkbox"/> Montpellier	<input type="checkbox"/> Munich	<input type="checkbox"/> Lorraine	<input type="checkbox"/> Lyon	<input type="checkbox"/> Ljubljana	<input type="checkbox"/> Lisbon
<input type="checkbox"/> Nice	<input type="checkbox"/> Novi Sad	<input type="checkbox"/> Murcia	<input type="checkbox"/> Marseille	<input type="checkbox"/> Madrid	<input type="checkbox"/> Malaga
<input checked="" type="checkbox"/> Paris	<input type="checkbox"/> Pecs	<input type="checkbox"/> Nantes	<input type="checkbox"/> Milan	<input type="checkbox"/> Miskolc	<input type="checkbox"/> Naples
<input type="checkbox"/> Riga	<input type="checkbox"/> Rome	<input type="checkbox"/> Oslo	<input type="checkbox"/> Naples	<input type="checkbox"/> Newcastle	<input type="checkbox"/> Palma de Mallorca
<input type="checkbox"/> Sofia	<input type="checkbox"/> Split	<input type="checkbox"/> Podgorica	<input type="checkbox"/> Porto	<input type="checkbox"/> Prague	<input type="checkbox"/> Reykjavik
<input type="checkbox"/> Tartu	<input type="checkbox"/> Thessaloniki	<input type="checkbox"/> Rotterdam	<input type="checkbox"/> Sarajevo	<input type="checkbox"/> Sevilla	<input type="checkbox"/> Skopje
<input type="checkbox"/> Vilnius	<input type="checkbox"/> Warsaw	<input type="checkbox"/> Stockholm	<input type="checkbox"/> Strasbourg	<input type="checkbox"/> Szeged	<input type="checkbox"/> Tallinn
		<input type="checkbox"/> Tirana	<input type="checkbox"/> Toulouse	<input type="checkbox"/> Trieste	<input type="checkbox"/> Turin
		<input type="checkbox"/> Utrecht	<input type="checkbox"/> Valencia	<input type="checkbox"/> Varna	<input type="checkbox"/> Vienna
		<input type="checkbox"/> Wroclaw	<input type="checkbox"/> Zagreb	<input type="checkbox"/> Zurich	

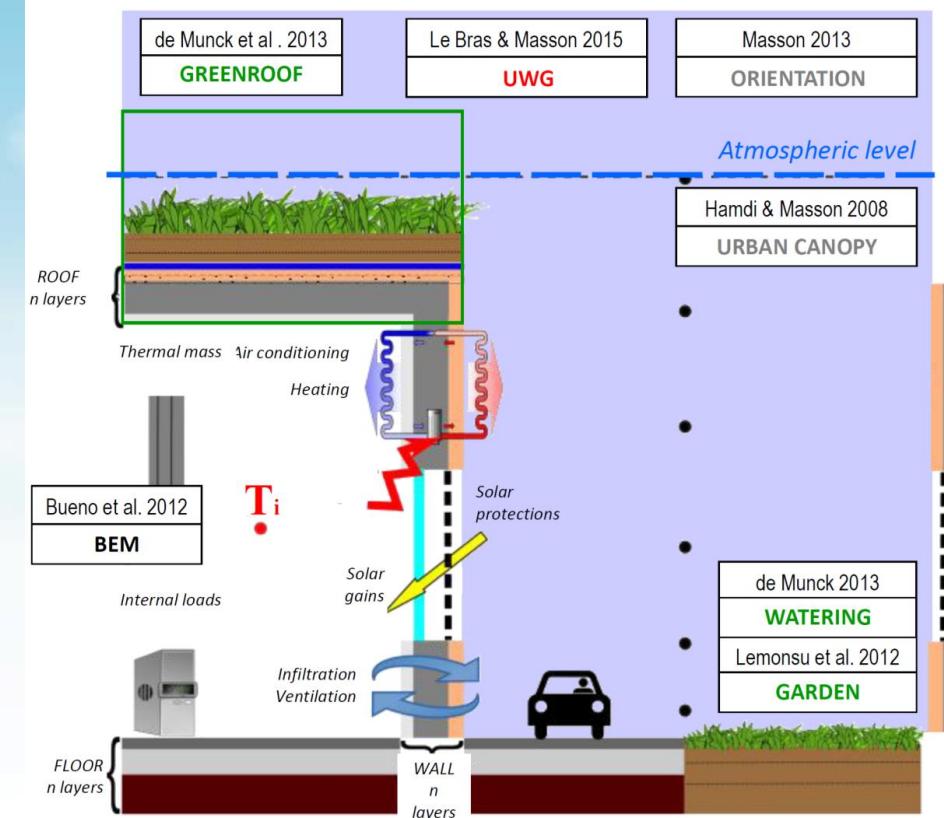
Select all   Clear all

# Практическая работа №3

## Мезомасштабное моделирование городского климата

### Часть 2. Работа с моделью городского полога

- Запустить скрипт сборки и запуска модели ТЕВ в Google Colab с использованием доступных по умолчанию данных для Москвы
- На основе скачанных ранее данных ERA5 подготовить входные данные (метеорологический форсинг) для модели ТЕВ для вашего города
- Попробовать заменить данные для Москвы данными для вашего города
- To be continued ...



Модель городского полога ТЕВ (Masson, 2000), адаптированная для запуска в оффлайн-режиме

[https://github.com/mkolennikova/TEB\\_open\\_source\\_v3\\_sfx8.1\\_orig\\_namelist](https://github.com/mkolennikova/TEB_open_source_v3_sfx8.1_orig_namelist)

Адаптация выполнена Марией Тарасовой (НИВЦ МГУ).