



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Курс «Моделировании климата городов» 2025, лекция №7

Работа с моделью городского погода

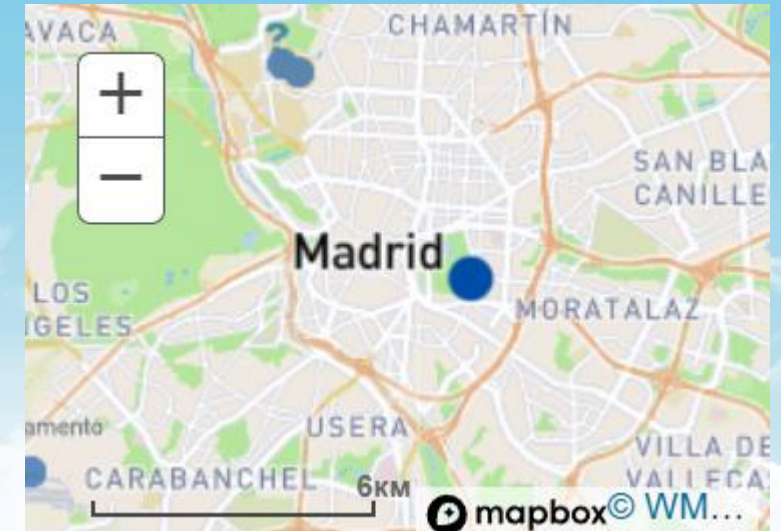
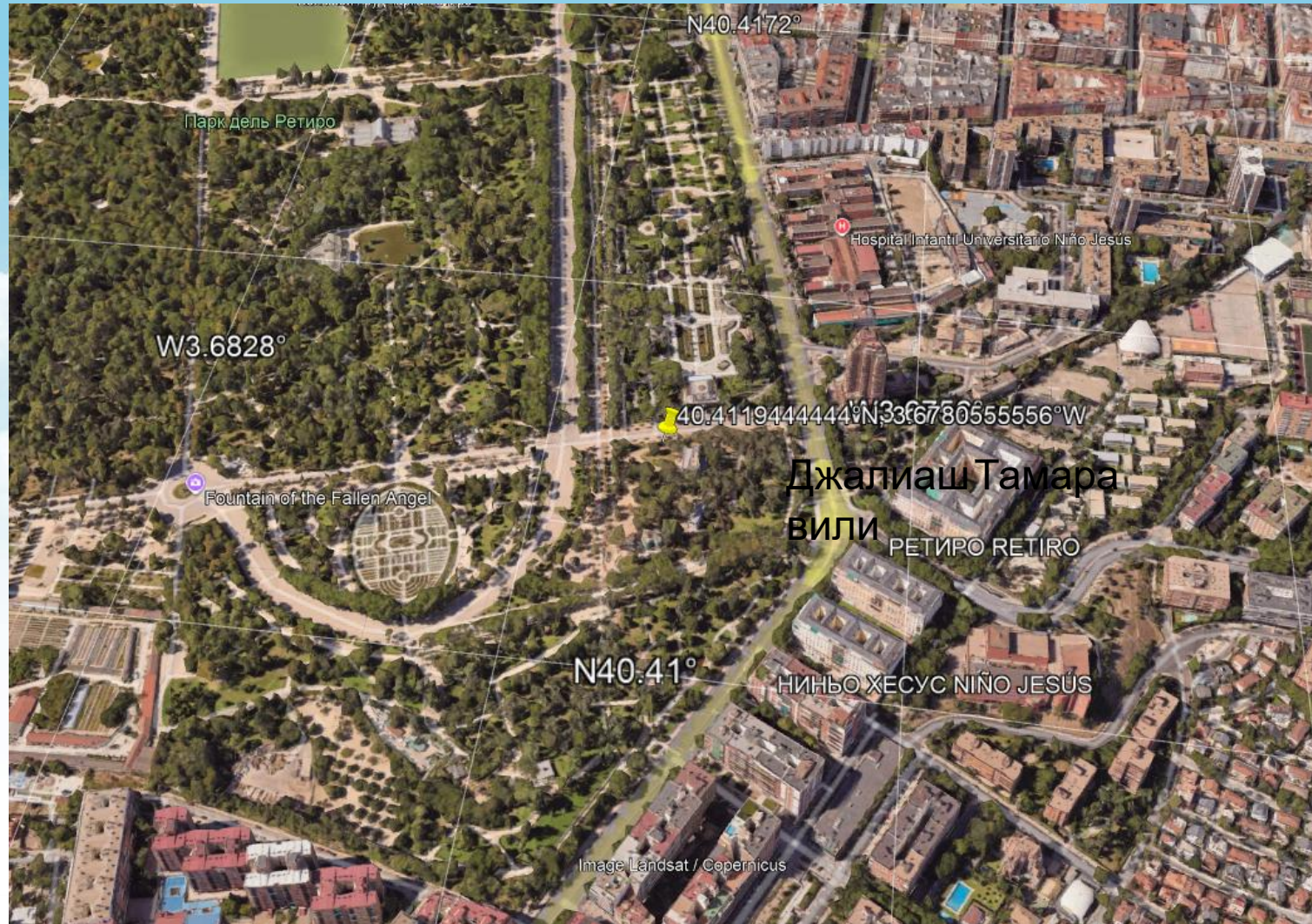
Михаил Иванович Варенцов

mvarentsov@hse.ru

Разбор ДЗ

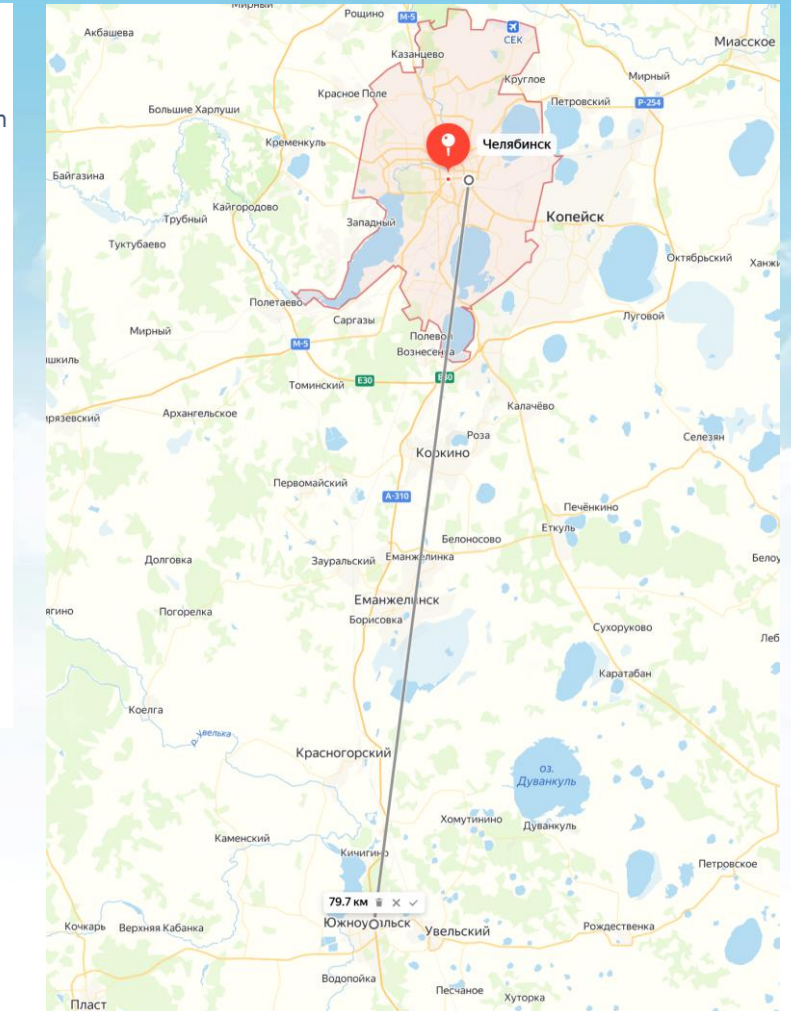
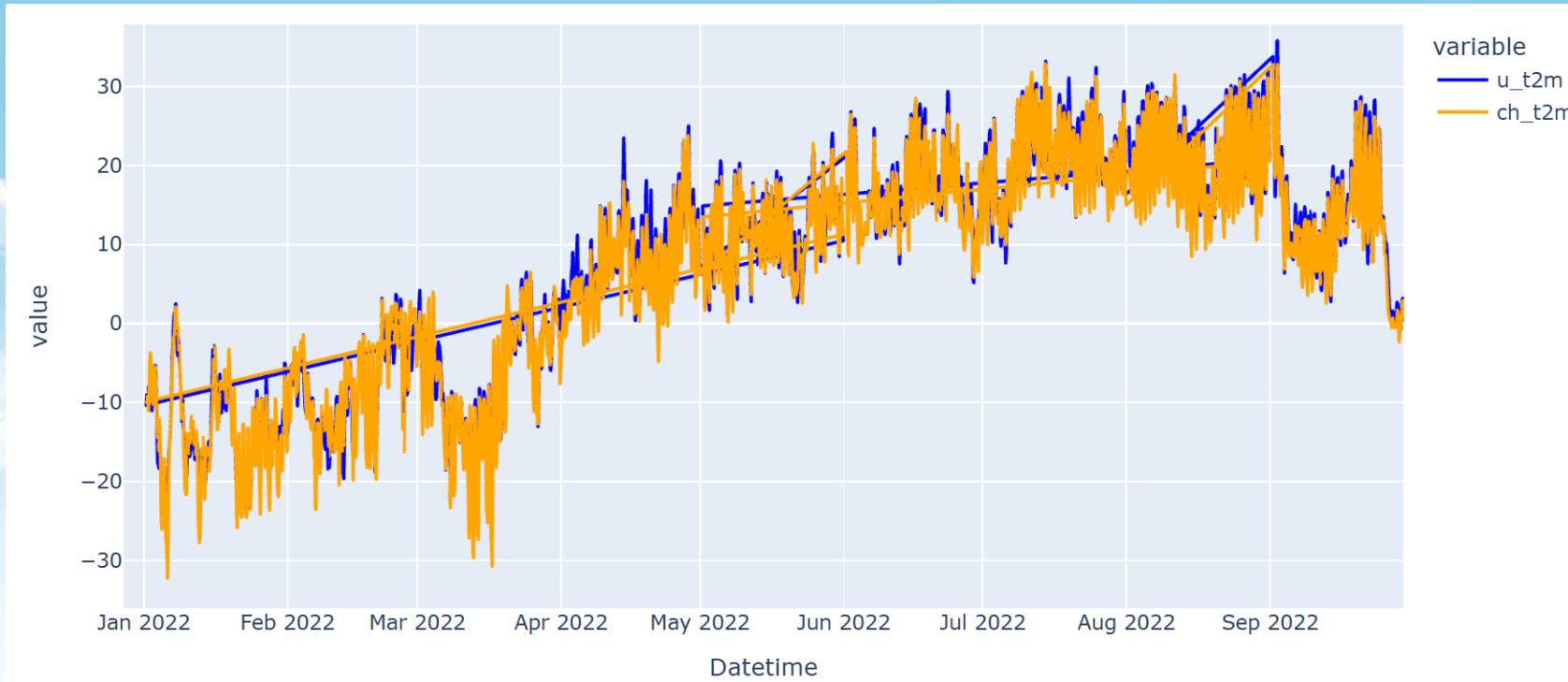
Фамилия	Имя	Отчество	ДЗ №1 (эссе)	ДЗ №2 (прак)	ДЗ №3 (прак)	ДЗ №4 (эссе)
Абашина	Варвара	Алексеевна	7,5	9	10	+
Бабарыкин	Никита	Андреевич	7			
Бабенков	Павел	Алексеевич	8	5		+
Бахрамхан	Яна	Ожурхановна	7,5	9,5	7	+
Долбня	Анастасия	Сергеевна	7,5	7	7	+
Джалиашвили	Тамара	Гочаевна		7		
Моргунова	Анастасия	Александровна	7,5	6,5		
Рябинина	Ассо́ль	Игоревна				
Тен	Александра	-	7	8,5	5*	+
Чебанова	Мария	Андреевна				
Самарин	Артем	Дмитриевич	7,5			

Разбор ДЗ



Джалиашвили Тамара

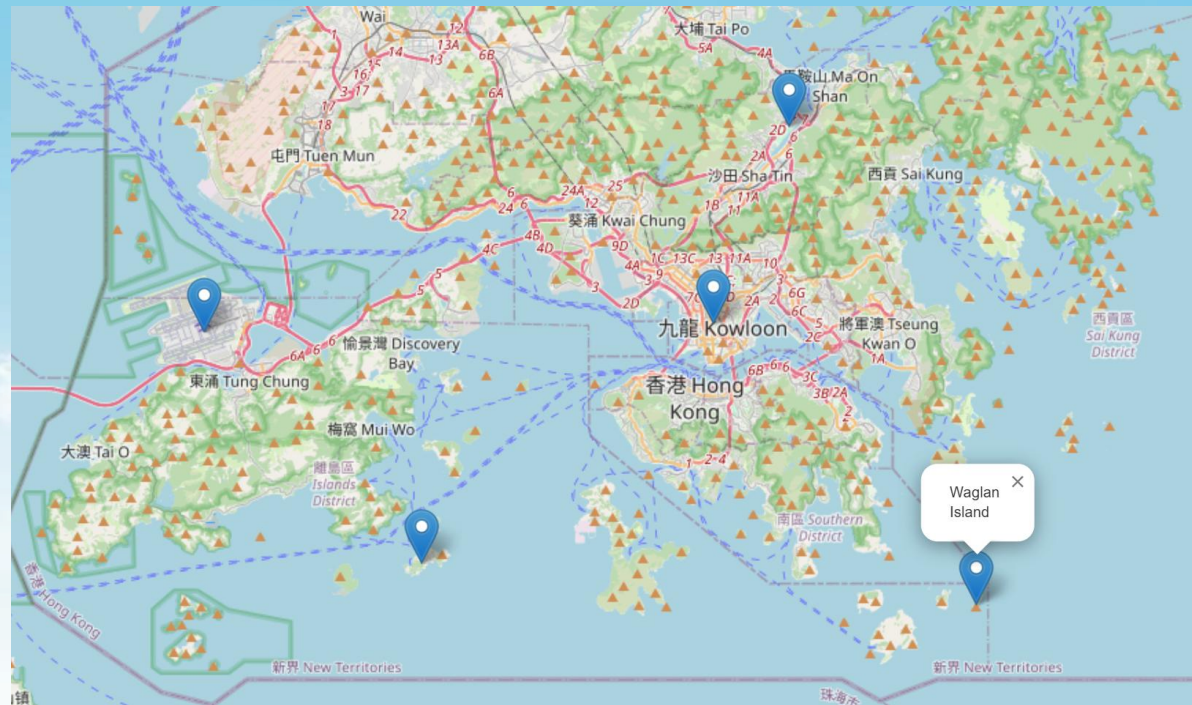
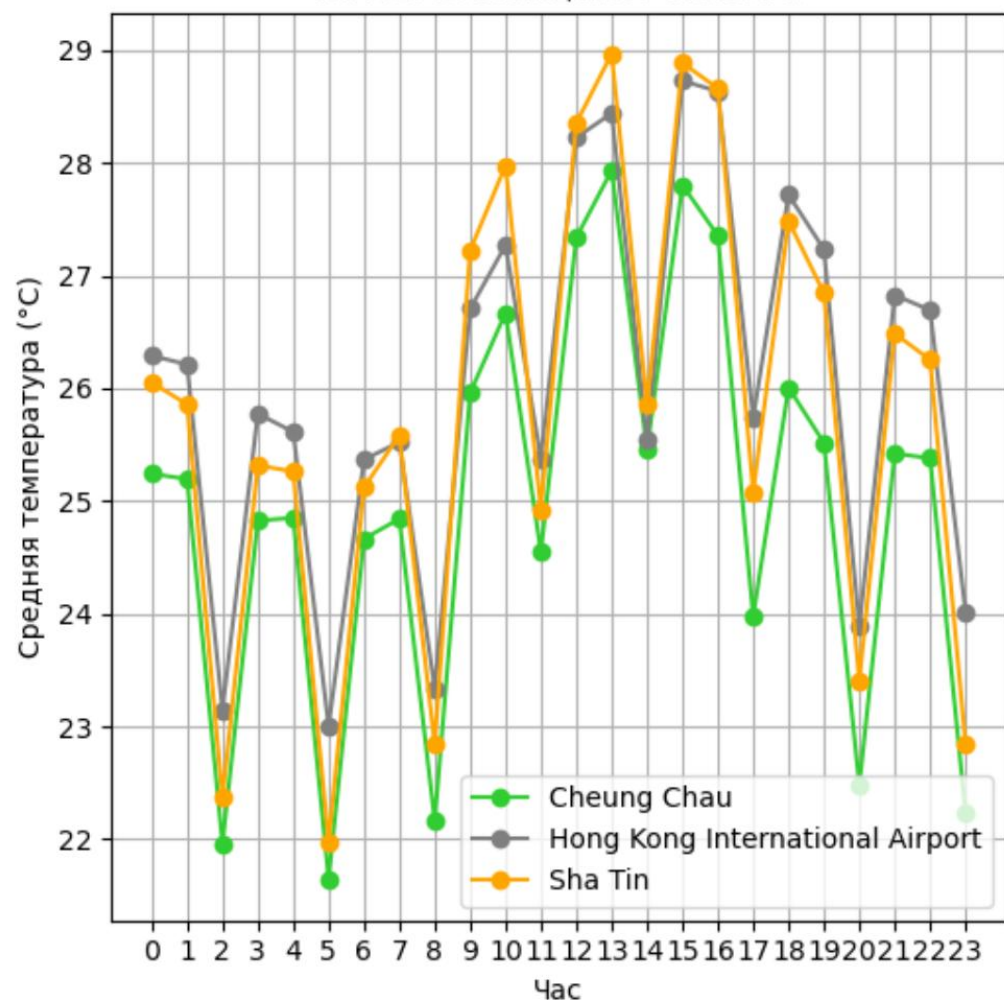
Разбор ДЗ



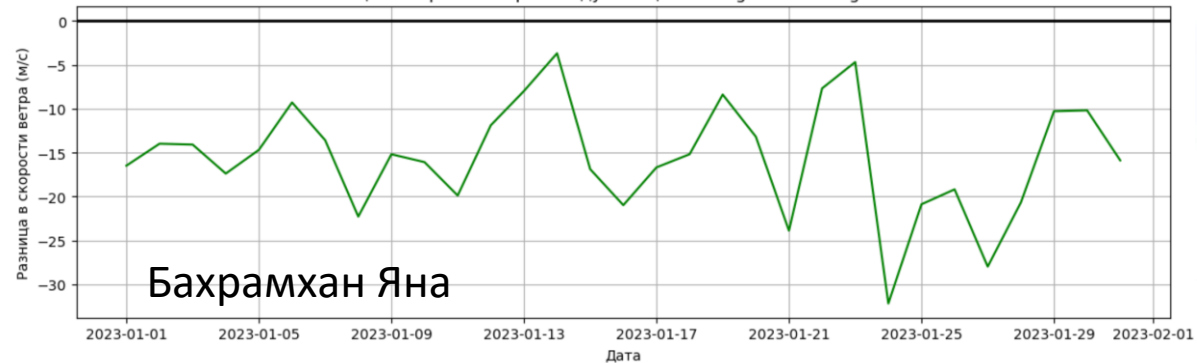
Долбня Анастасия

Разбор ДЗ

Осредненный суточный ход температуры
на метеостанциях Гонконга

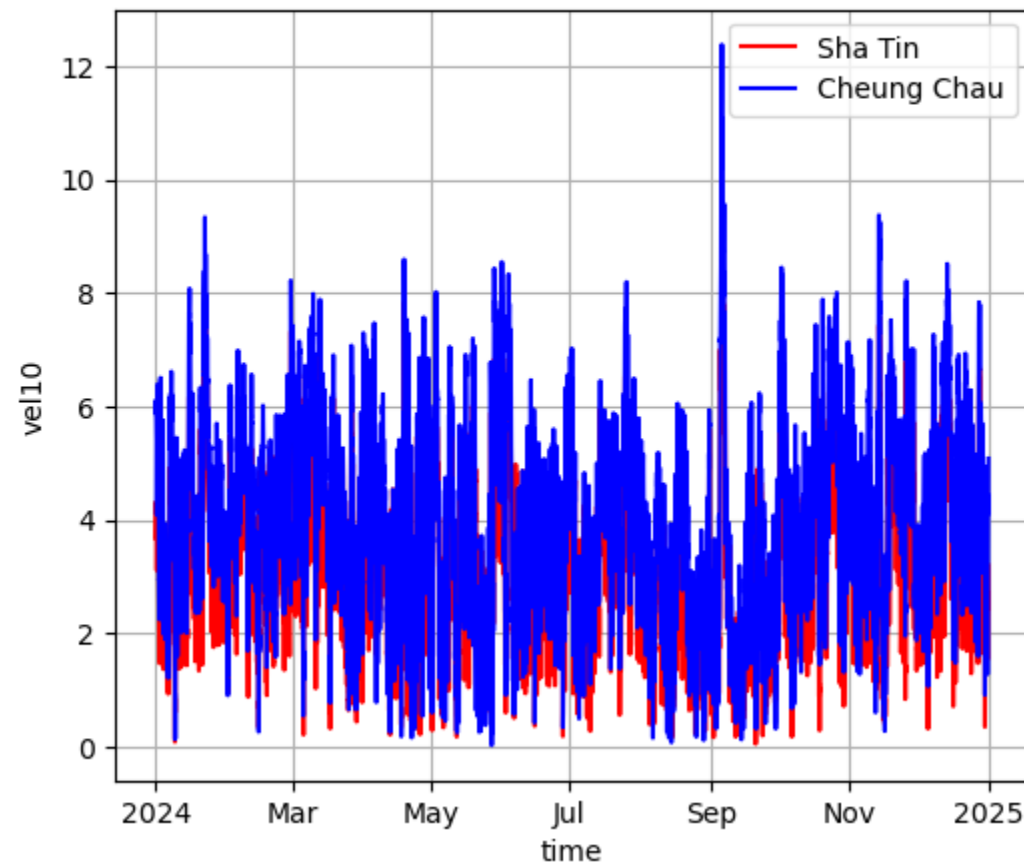
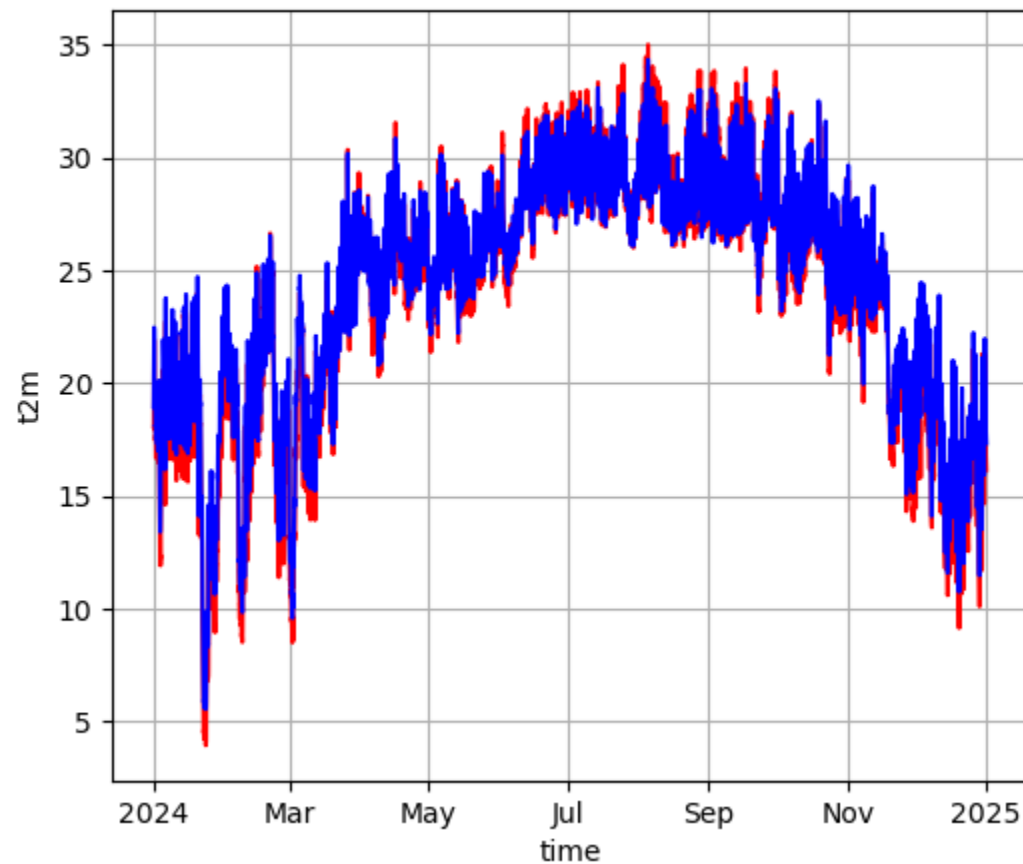


Разница в скорости ветра между станциями King's Park и Waglan Island



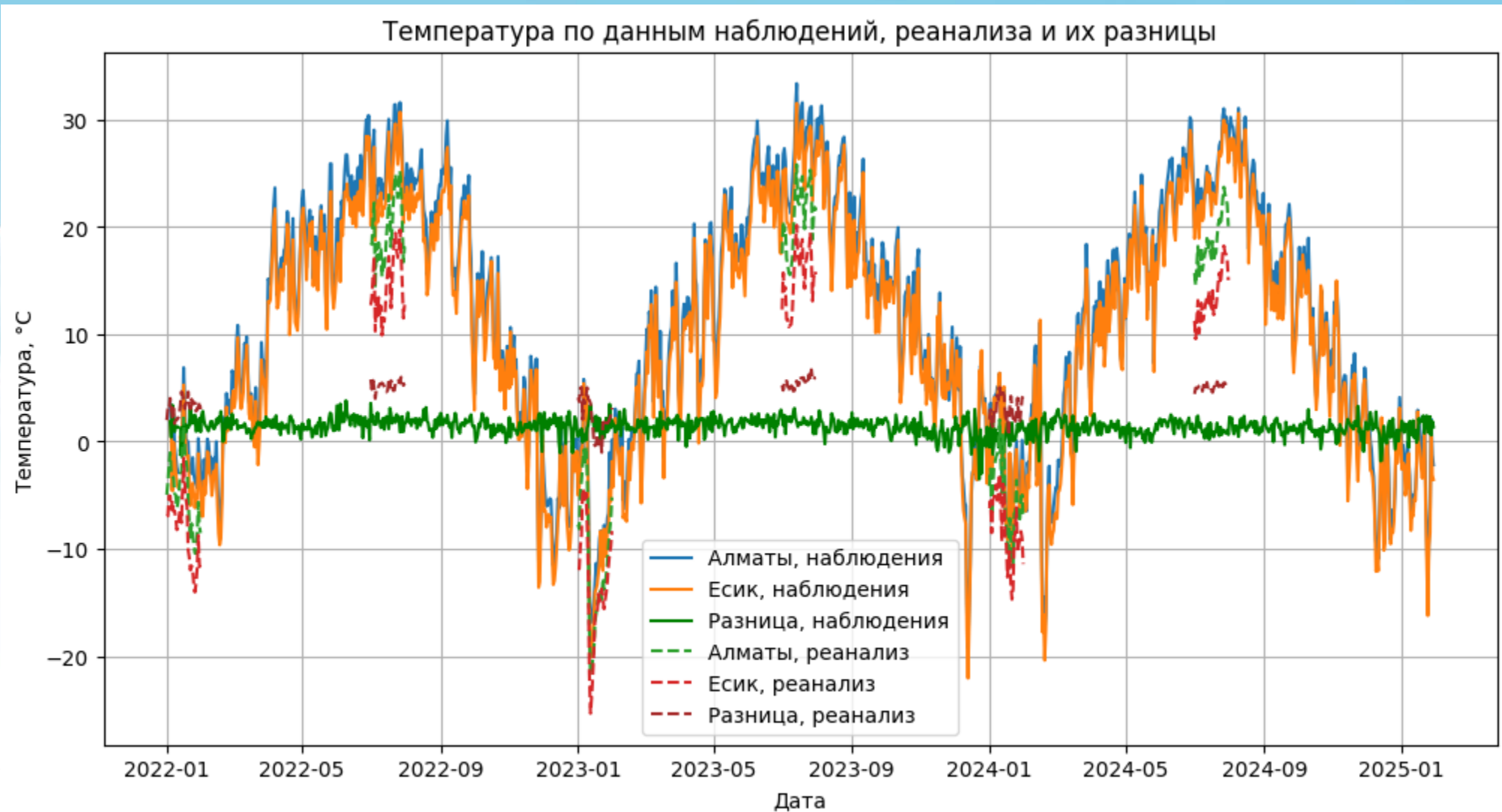
Разбор ДЗ

Температура и скорость ветра на станциях Sha Tin и Cheung Chau
по данным реанализа ERA5



Бахрамхан Яна

Разбор ДЗ

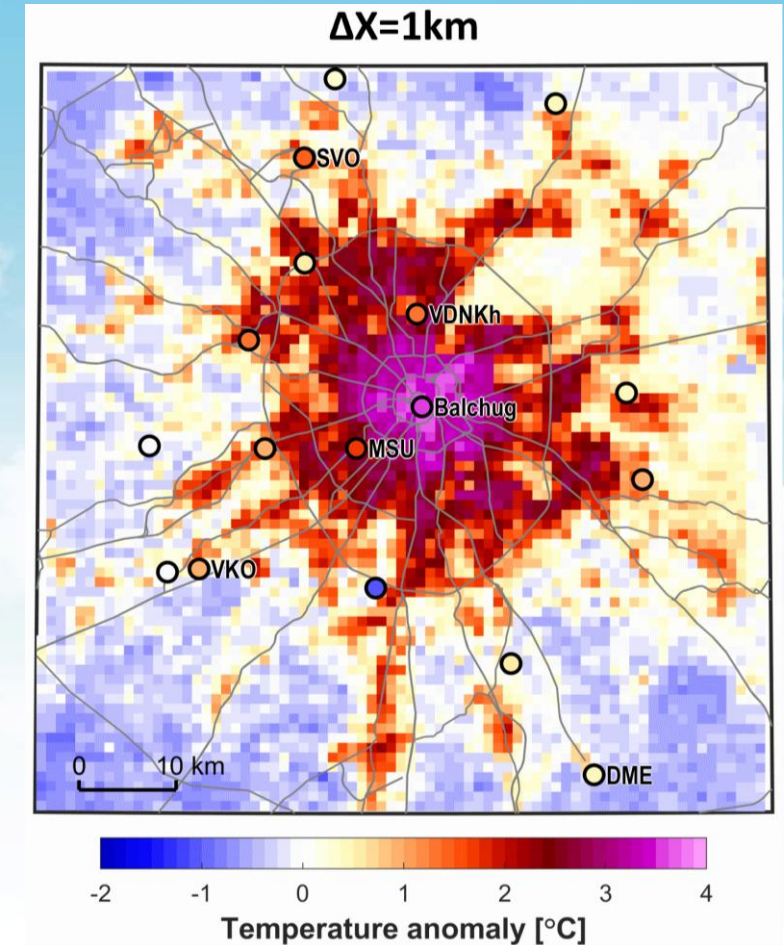
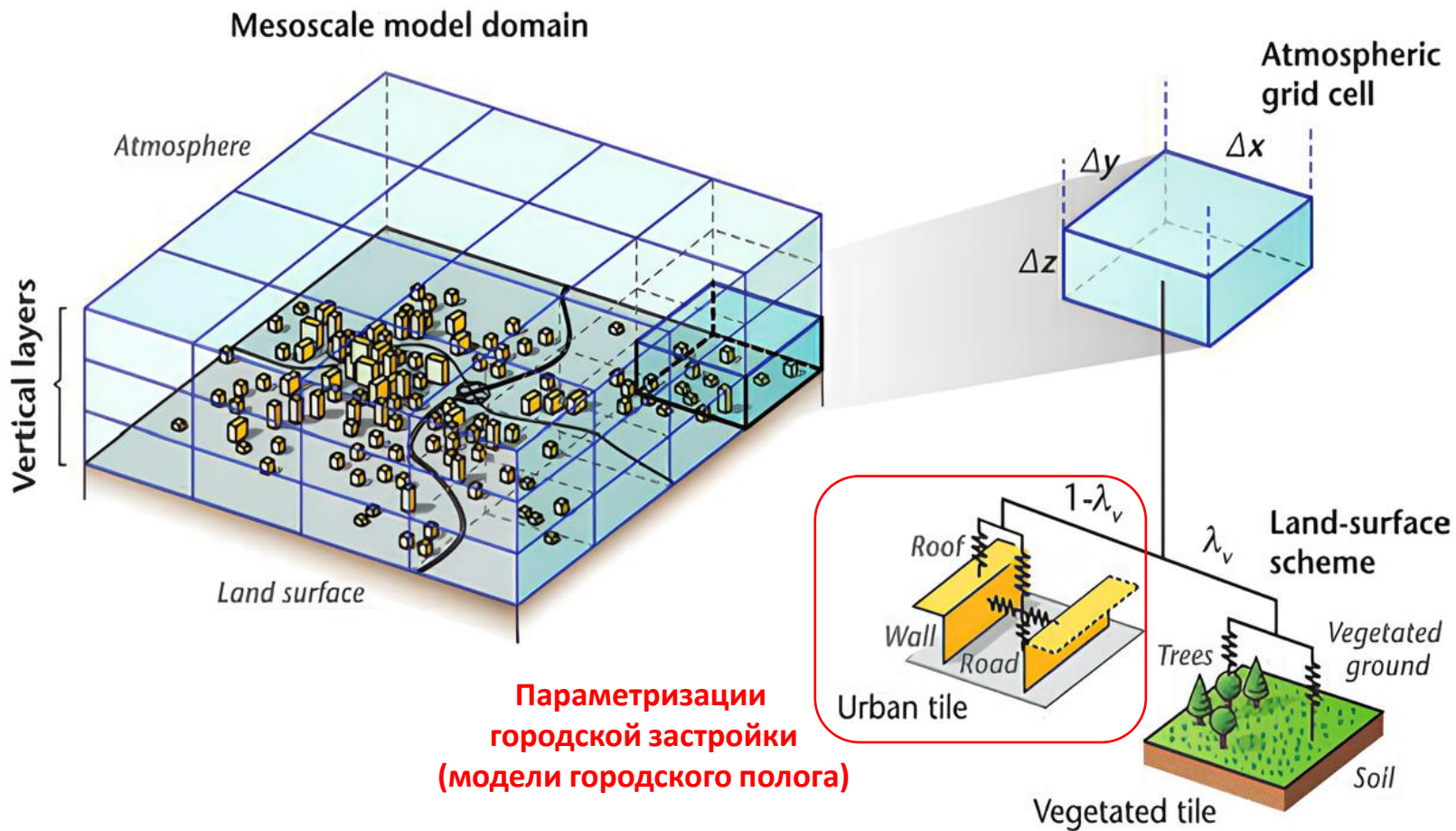


Тен Александра

В предыдущих сериях...

Мезомасштабные модели

(шаг сетки: первые сотни метров – километры)

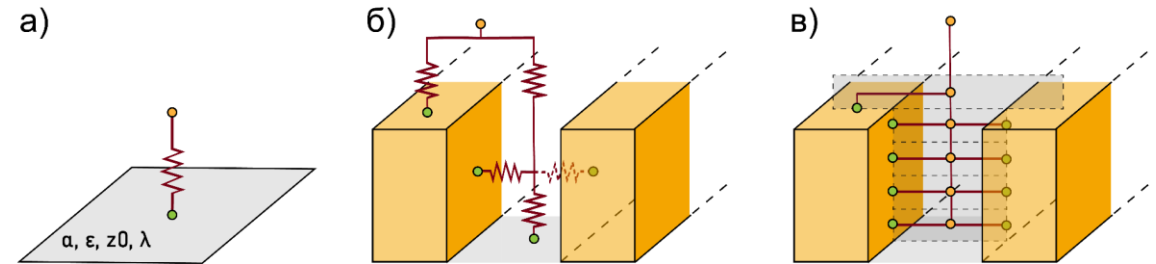


Модели городского полога

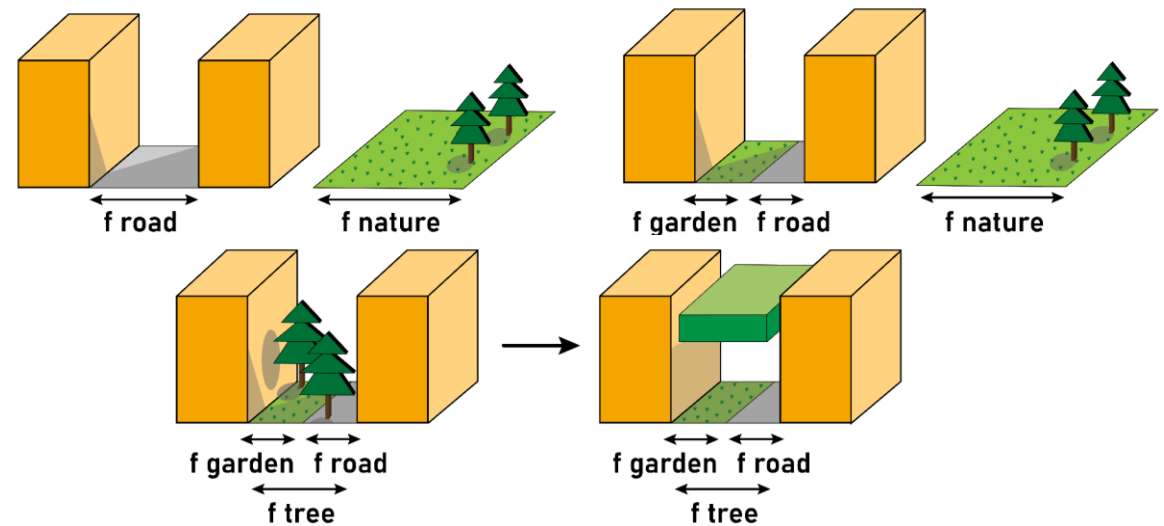
Физические процессы, описываемые городскими параметризациями (моделями городского полога, англ. urban canopy models):

- ☐ 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»

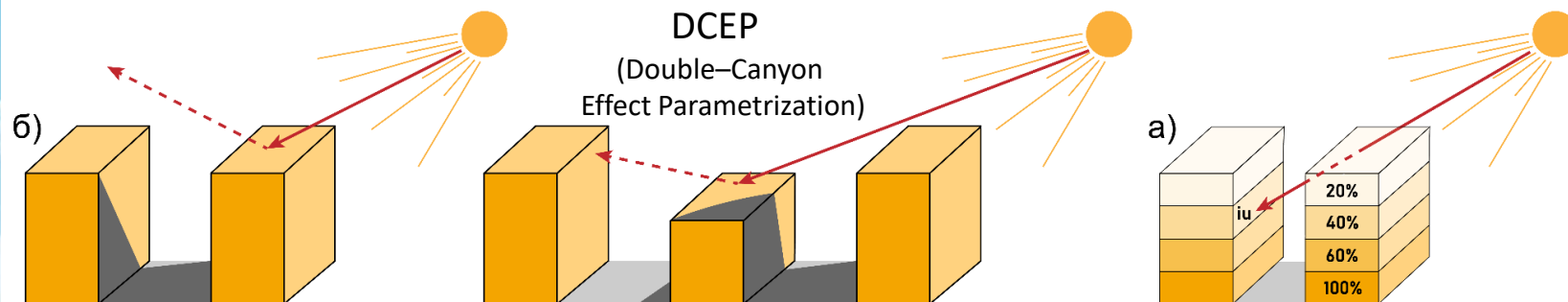


Различия по сложности представления растительности

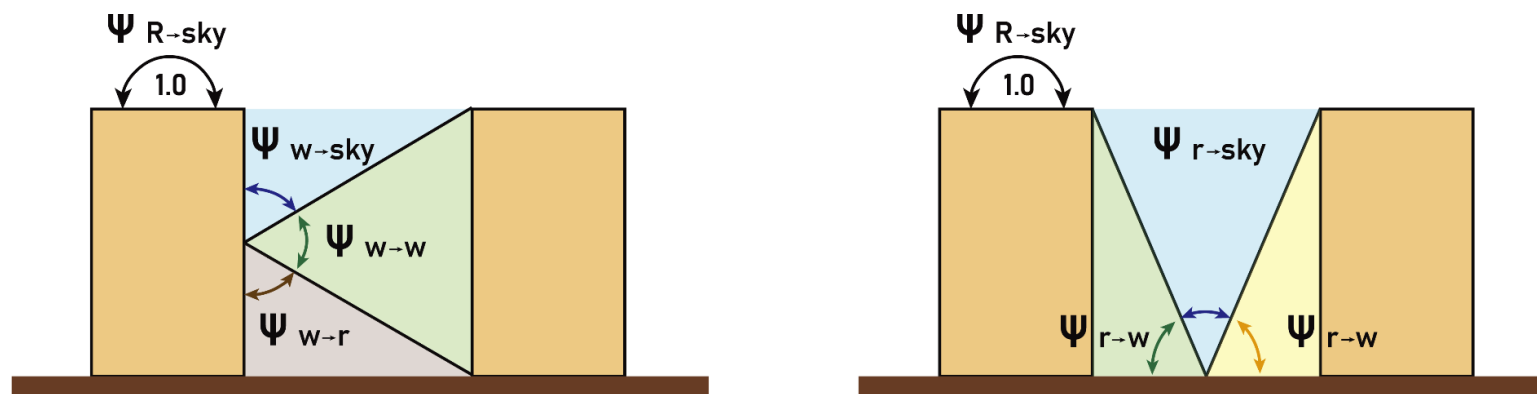


Модели городского полога

Различные подходы к описанию радиационных взаимодействий

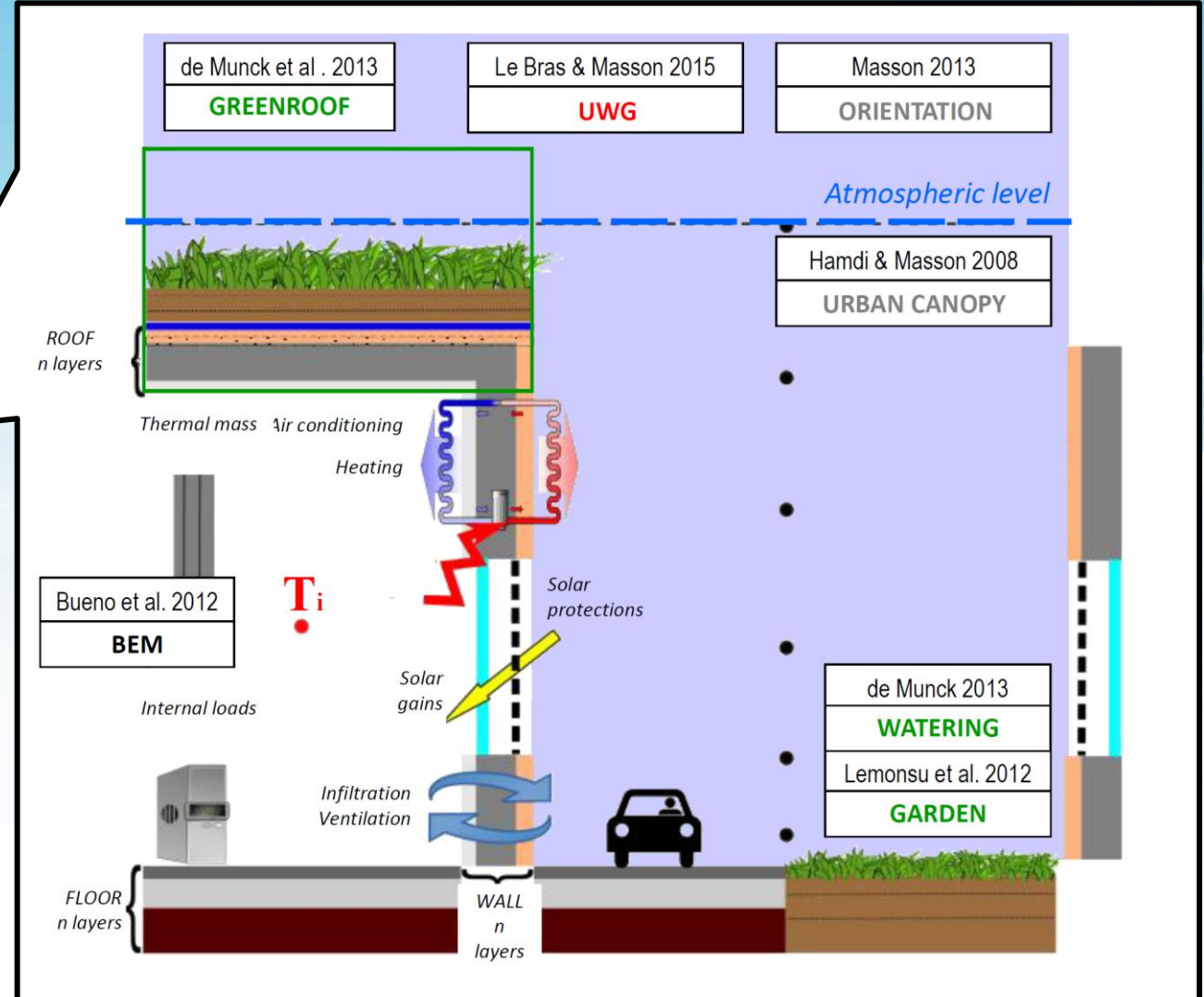
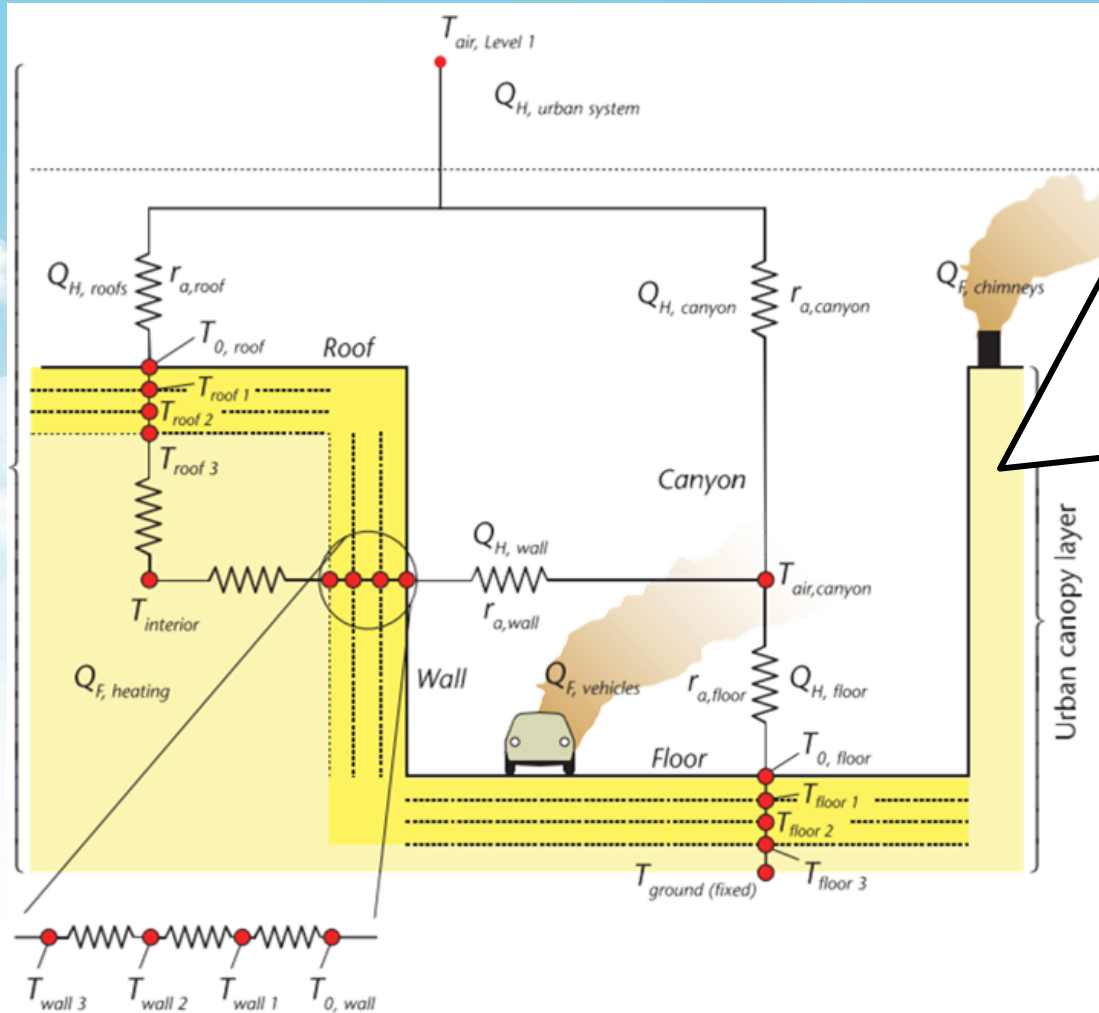


Понятие фактора видимости неба (sky view factor)



Urban form	H/W	λ_c	Albedo α	Change in absorption
	0	1	0.40	
	0.5	1.5	0.32	+17%
	1	2	0.27	+21%
	2	3	0.23	+27%

Пример: модель ТЕВ



Masson, V. (2000). A Physically-Based Scheme For The Urban Energy Budget In Atmospheric Models. *Boundary-Layer Meteorology* 94, 357–397. doi: [10.1023/A:1002463829265](https://doi.org/10.1023/A:1002463829265)

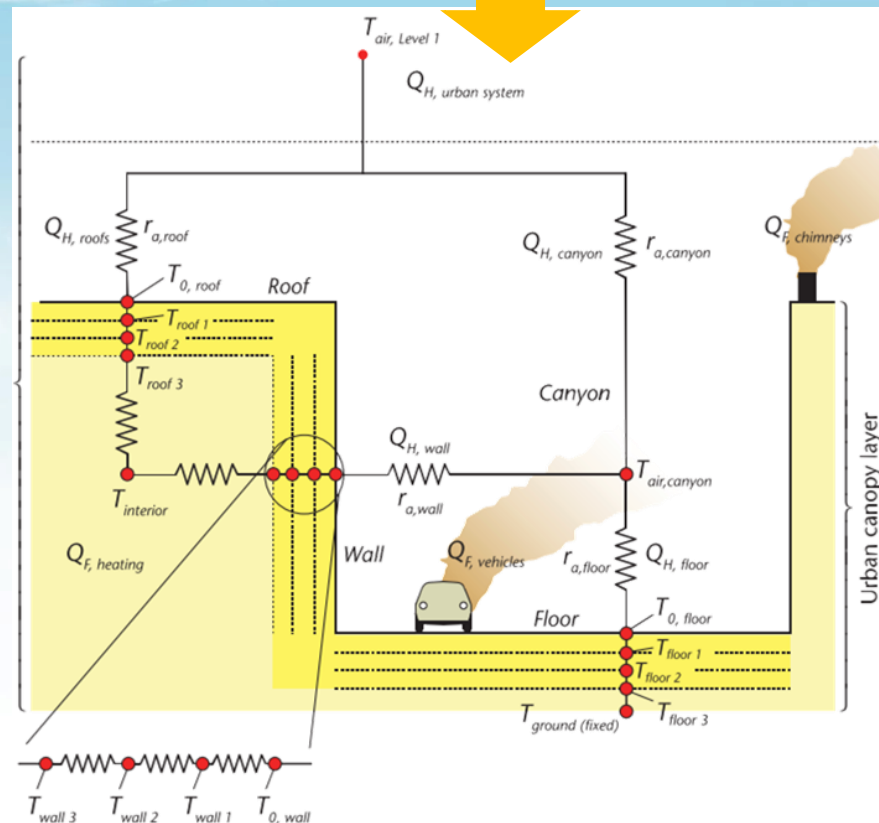
Что нужно для моделирования?

Конфигурационный
файл (namelist)

Статичные во
времени
внешние
параметры

«Технические»
параметры модели

Метеорологический форсинг
(граничные условия, меняются во времени)



Результаты
моделирования
(output)

Модель как исполняемый файл

Метеорологический форсинг

Переменная	Тип	Размерность	Комментарий
XTA	форсинг	К	Температура воздуха
XQA	форсинг	кг/м3	Удельная влажность
XWIND	форсинг	м/с	Скорость ветра
XLW	форсинг	Вт/м2	Длинноволновая радиация, приходящая к горизонтальной поверхности
XDIR_SW	форсинг	Вт/м2	Прямая коротковолновая радиация, приходящая к горизонтальной поверхности
XSCA_SW	форсинг	Вт/м2	Рассеянная коротковолновая радиация, приходящая к горизонтальной поверхности
XRAIN	форсинг	кг/м2/с	Интенсивность осадков в жидком виде
XSNOW	форсинг	кг/м2/с	Интенсивность осадков в твердом виде
XPS	форсинг	Па	Давление у поверхности в модели
XDIR	форсинг	°	Направление ветра
<i>src_driver/namelist_forcing.nml</i>			
forcing_path	внешний параметр	-	Путь к папке с файлами атмосферного форсинга
IYEAR	внешний параметр	-	Год (дата старта форсинга)
IMONTH	внешний параметр	-	Месяц (дата старта форсинга)
IDAY	внешний параметр	-	День (дата старта форсинга)
ZTIME_START	внешний параметр	секунды	Час старта форсинга
ZLON	внешний параметр	°	Долгота точки
ZLAT	внешний параметр	°	Широта точки
NUM_TIMESTEPS	внешний параметр	-	Число шагов по времени данных форсинга
TIMESTEP	внешний параметр	секунды	Шаг по времени данных форсинга
ZZREF	внешний параметр	м	Высота форсинга над уровнем крыши

Отдельные файлы для каждой переменной

```
&tebforcing
forcing_path='input_Moscow/',
IYEAR=2022,
IMONTH=1,
IDAY=1,
ZTIME_START=0.,
ZLON=37.5,
ZLAT=55.5,
NUM_TIMESTEPS=8760,
TIMESTEP=3600.,
ZZREF=10.
/
```

Конфигурационный файл TEB

src_driver/namelist.nml

Переменная	Тип	Размерность/значение (для флагов)	Комментарий
HROAD_DIR	флаг	"UNIF" / "ORIE"	Учет ориентации каьона - ORIE, без учета - UNIF
HWALL_OPT	флаг	"UNIF" / "TWO"	Решение уравнения теплового баланса для каждой стены - TWO, без разделения - UNIF
HZ0H	флаг	"MASC95" / "BRUT82" / "KAND07"	Расчет параметра термической шероховатости и коэффициентов теплообмена
ZBLD_HEIGHT	внешний параметр	м	Средняя высота каньона
ZBLD	внешний параметр	-	Доля ячейки, занятая зданиями
ZCAN_HW_RATIO	внешний параметр	-	Отношение аспекта каньона
ZROAD_DIR	внешний параметр	°	Азимут каньона
ZTI_BLD	прогностическая переменная	К	Внутренняя температура здания
ZQI_BLD	прогностическая переменная	кг / кг	Удельная влажность в здании
ZALB_ROOF	внешний параметр	-	Альбедо поверхности крыши
ZEMIS_ROOF	внешний параметр	-	Излучательная способность поверхности крыши
ZHC_ROOF	внешний параметр	Дж / м3 / К	Теплоемкость каждого слоя поверхности крыши
ZTC_ROOF	внешний параметр	Вт / м / К	Теплопроводность каждого слоя поверхности крыши
ZD_ROOF	внешний параметр	м	Толщина каждого слоя поверхности крыши
ZALB_ROAD	внешний параметр	-	Альбедо поверхности дороги
LGARDEN	флаг	True / False	Включить блок городской растительности
ZGARDEN	внешний параметр	-	Доля ячейки, занятая растительностью
LGREENROOF	флаг	True / False	Включить блок зеленой крыши
ZFRAC_GR	внешний параметр	-	Доля поверхности крыши, занятая зеленью
LSOLAR_PANEL	флаг	True / False	Включить блок солнечной панели на крыше
ZFRAC_PANEL	внешний параметр	-	Доля поверхности крыши, занятая солнечными панелями
ZEMIS_PANEL	внешний параметр	-	Излучательная способность солнечной панели
ZALB_PANEL	внешний параметр	-	Альбедо солнечной панели
ZEFF_PANEL	внешний параметр	-	Эффективность солнечной панели

Включаемые блоки модели:

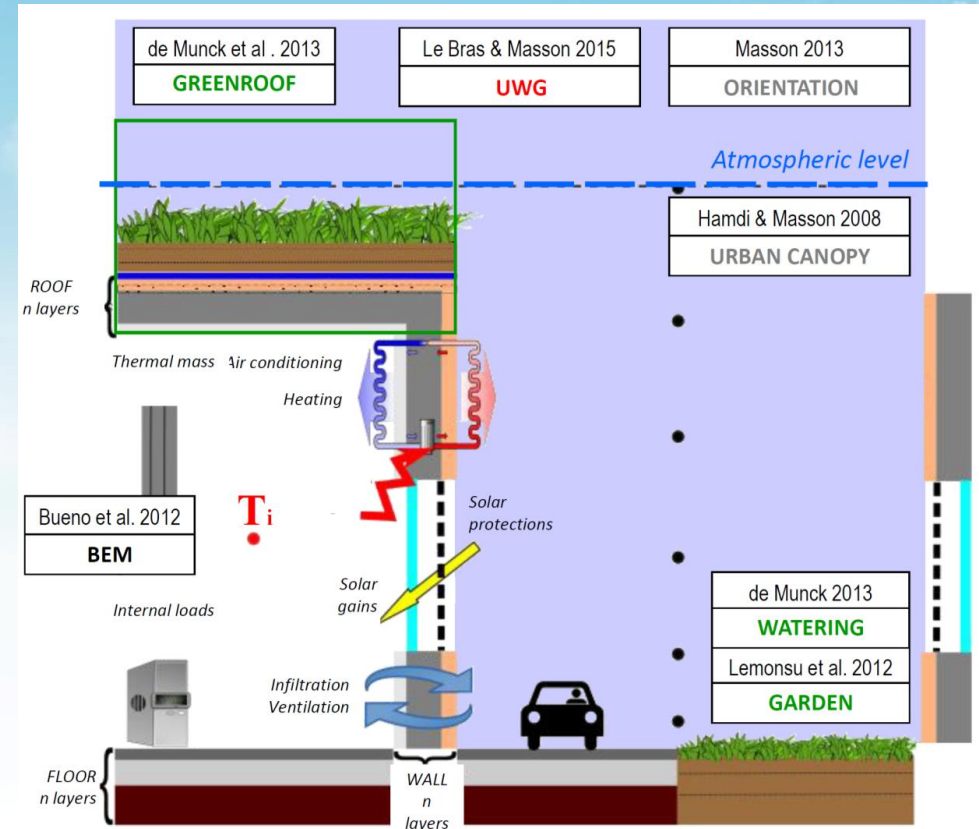
- Уличное озеленение (LGARDEN)
- Зеленые крыши (LGREENROOF)
- Солнечные панели (LSOLAR_PANEL)
- Building energy model (CBEM)

Домашняя работа №6

Работа с моделью городского полога

Необходимо:

- ☐ Запустить скрипт сборки и запуска модели TEB в Google Colab с использованием доступных по умолчанию данных для Москвы.
- ☐ На основе скачанных ранее данных ERA5 подготовить входные данные (метеорологический форсинг) для модели TEB для вашего города.
- ☐ Выполнить набор численных экспериментов:
 - С настройками модели по умолчанию
 - С настройками и параметрами, адаптированными для выбранного района города
 - С реализацией обоснованного сценария изменения параметров городской среды (озеленение, утепление, включение/выключение кондиционеров и пр.)



Модель городского полога TEB (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 & Гидрометцентр России).