



# Параметризация теплового излучения с помощью NeuralODE

Студенты: Александр Пономаренко

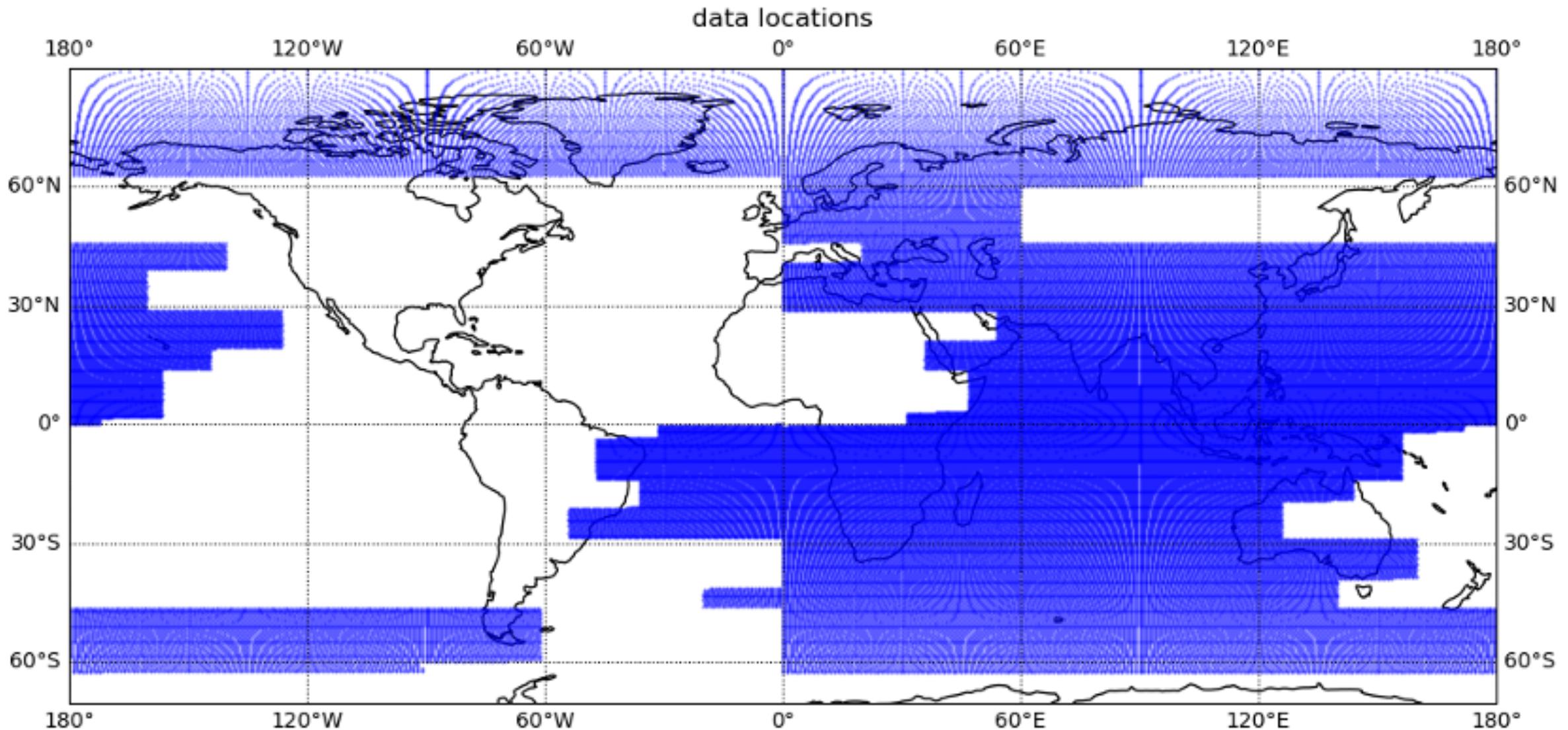
Кураторы: Александр Рябов и Николай Явич



137 слоев

135 680 вертикальных профилей состояний атмосферы

<https://disk.yandex.ru/d/iUvIzjdfvqVWwQ>



---

## Постановка задачи

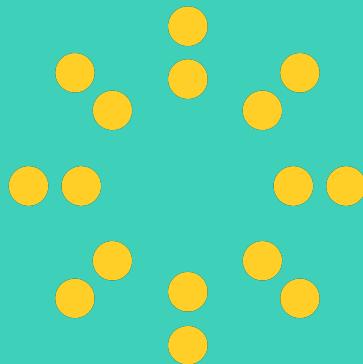
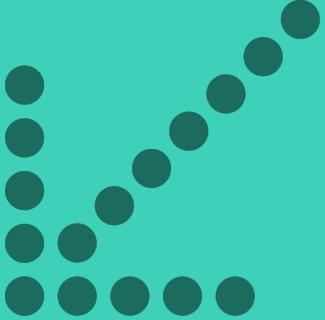
---

Цель: разработать  
суррогатную модель расчёта  
восходящего потока  
теплового излучения  $F^\uparrow(z)$ ,  
с поверхности земли





$$\begin{cases} \frac{d}{dz} F^\uparrow(z) = g(F^\uparrow(z), \theta), \\ F^\uparrow(0) = \sigma T_s^4 \end{cases}$$



высота над уровнем  
поверхности земли

неизвестная динамика

параметр динамики

$$\begin{cases} \frac{d}{dz} F^\uparrow(z) = g(F^\uparrow(z), \theta), \\ F^\uparrow(0) = \sigma T_s^4 \end{cases}$$

постоянная

Стефана-Больцмана

температура  
поверхности



---

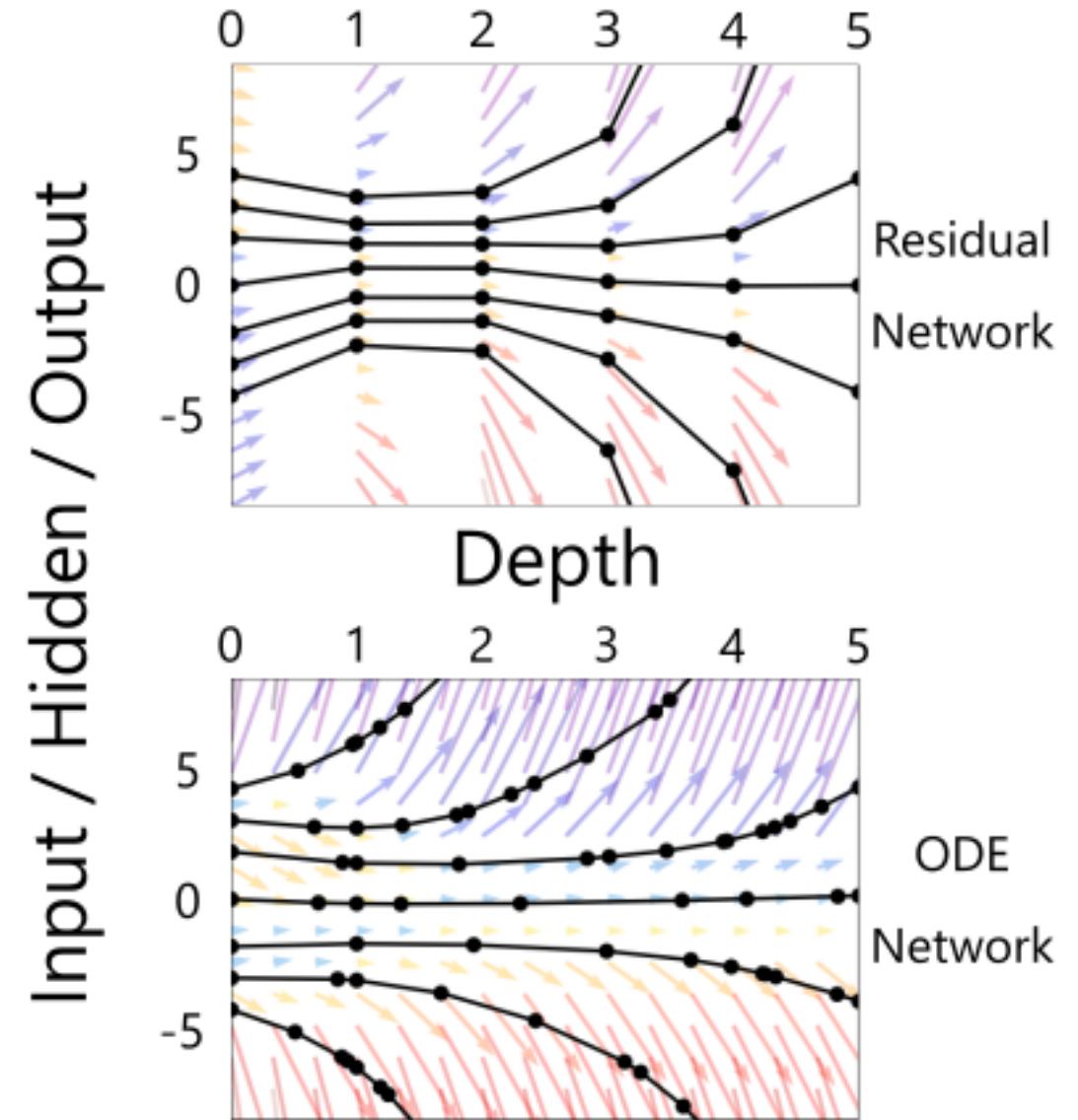
Традиционные подходы расчета нагрева атмосферы чрезвычайно вычислительно затратные, так как требуют многократного решения интегро-дифференциального уравнения переноса.

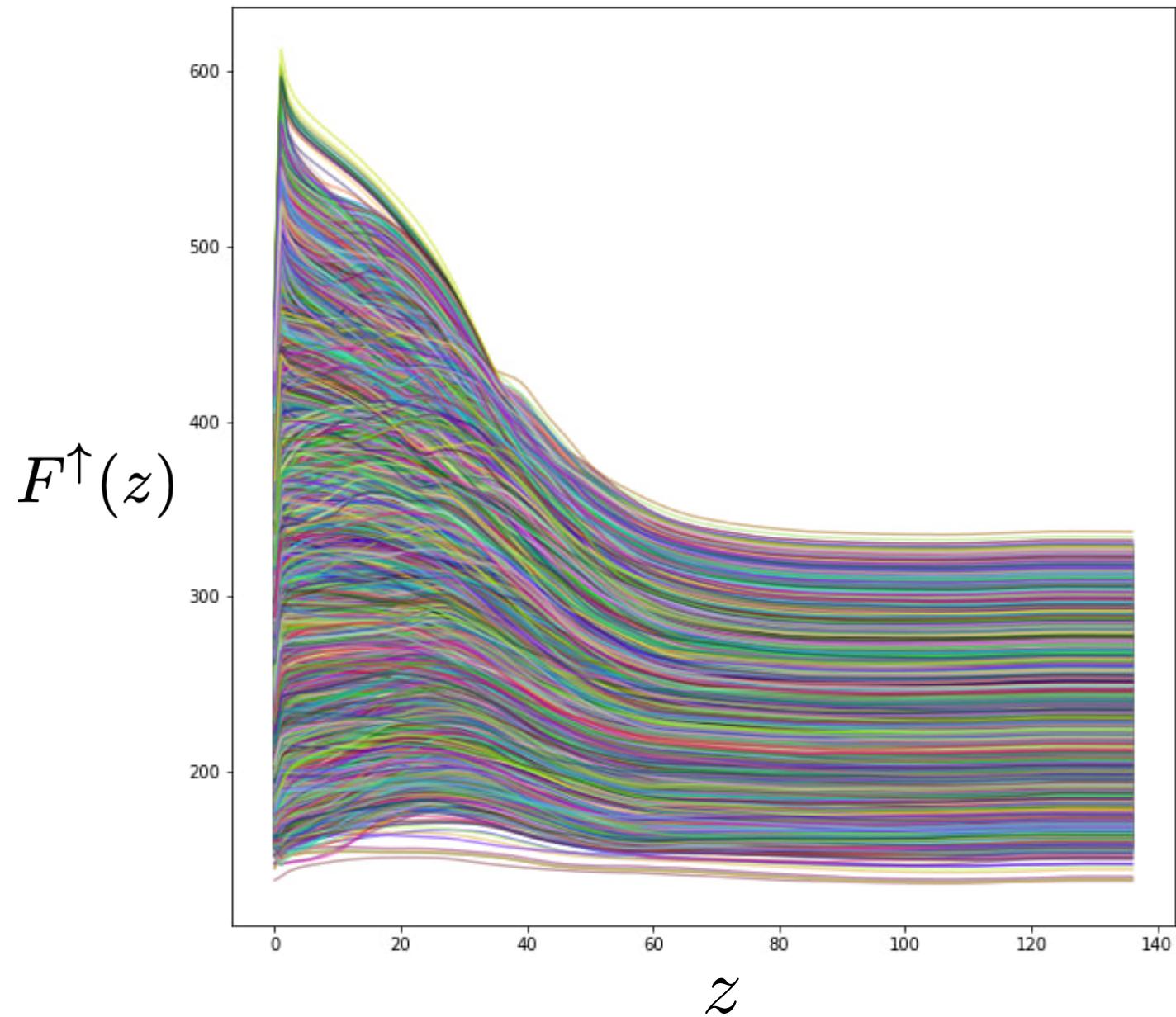


*ResNet определяет дискретную последовательность конечных преобразований,*

*Neural ODE определяет векторное поле, которое непрерывно трансформирует состояние.*

*Черные точки представляют оценки*





Variable Name	Meaning	Dimensions	Minimum Value	Maximum Value	Units
aerosol_mmr	12 types of aerosol MMR	(135680, 12, 137)	2.87E-21	2.52E-07	1
cfc11_vmr	CFC-11 VMR	(135680, 137)	0	8.57E-10	1
cfc12_vmr	CFC-12 VMR	(135680, 137)	1.04E-37	4.97E-10	1
ch4_vmr	methane VMR	(135680, 137)	2.43E-07	2.03E-06	1
cloud_fraction	cloud fraction	(135680, 137)	0	1	1
co2_vmr	carbon dioxide VMR	(135680, 137)	0.000400577	0.000422012	1
n2o_vmr	Nitrous oxide VMR	(135680, 137)	9.42E-08	3.32E-07	1
o2_vmr	nitrogen VMR	(135680, 137)	0.20943998	0.20943998	1
o3_mmr	ozone MMR	(135680, 137)	1.37E-15	1.67E-05	1
overlap_param	cloud overlap parameter	(135680, 136)	0.021936536	0.99294233	1
pressure_hl	Pressure	(135680, 138)	0	104678.69	Pa
q	specific humidity	(135680, 137)	1.00E-12	0.021662947	1
q_ice	ice water mixing ratio	(135680, 137)	0	0.009069286	1
q_liquid	liquid water mixing ratio	(135680, 137)	0	0.001543405	1
re_ice	Ice cloud effective radius	(135680, 137)	1.31E-05	0.000100676	m
re_liquid	Liquid cloud effective radius	(135680, 137)	4.00E-06	3.00E-05	m
temperature_hl	Temperature	(135680, 138)	178.16977	318.41193	K
lat	Latitude	(135680)	-62.692627	89.73092	degree
lon	Longitude	(135680)	0	359.65384	degree
lw_emissivity	Longwave emissivity	(135680, 2)	0.9237313	0.9973768	1
skin_temperature	Skin temperature	(135680)	216.04092	325.48035	K
flux_up_lw	Upwelling longwave fluxes,	(135680, 138)	74.891685	627.7309	Wt/m^2

## ДОСТУПНЫЕ ПРИЗНАКИ

# Хронология проекта

---

- 17 Выбрал проект, на который никто больше не записался
- 18 Получил описание и данные
- 20 Посмотрел статью про NeuralODE. Понятного мало.
- 21 В баре с сёбутыльниками однокашниками разобрали статью. Якобы что-то прояснилось.
- 22 Не без боли установил TorchDyn. Загрузил данные.
- 24 Тревожно. В примерах понятного мало.
- 25 Собрал минимально работающий пример только с одним регрессом. Как добавить ещё – не понятно.
- 26 Пообщался с Петей Чижовым, осознал, что всё делаю не правильно. Всё переделал. Поставил вычисления на ночь.
- 27 Результаты получились плохими. Всё плохо.  
Ночью в 0:40 куратор натолкнул на мысль, что всё же до этого шёл по правильному пути.  
1:40 Понял как правильно добавлять в систему произвольное число регрессоров. Кодирую.  
3:00 Запустил вычисления на ночь
- 28 Всё заработало

The diagram illustrates the decomposition of a vector field  $F$  into a sum of divergence-free and curl-free components. The total vector field  $F$  is shown as a red arrow pointing upwards. It is decomposed into two terms:

$$F = \nabla \phi + F^\perp(z)$$

The first term,  $\nabla \phi$ , is a green arrow pointing upwards, representing the divergence-free component. The second term,  $F^\perp(z)$ , is a red arrow pointing to the right, representing the curl-free component.

The diagram also shows the decomposition of the curl-free component  $F^\perp(z)$  into a sum of divergence-free and curl-free components:

$$F^\perp(z) = \nabla \psi + (z) \downarrow H$$

The first term,  $\nabla \psi$ , is a green arrow pointing to the right, representing the divergence-free component. The second term,  $(z) \downarrow H$ , is a red arrow pointing to the right, representing the curl-free component.

On the right side of the diagram, there are two sets of yellow dots arranged in a grid-like pattern, representing discrete data points or a grid.

$\theta$ 

```
nn.Sequential(  
    nn.Linear(9, 64),  
    nn.Tanh(),  
    nn.Linear(64, 9)  
)
```

всего 1.2k  
параметров

 $F^\uparrow(0)$ 

температура земли (константа)

уровень облачности (константа)

содержание озона (константа)

Ice cloud effective radius (константа)

Liquid cloud effective radius (константа)

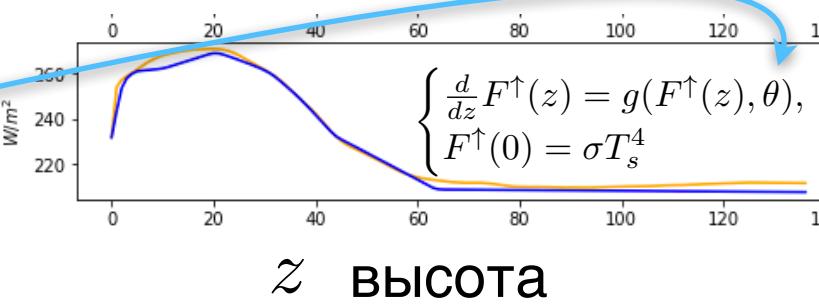
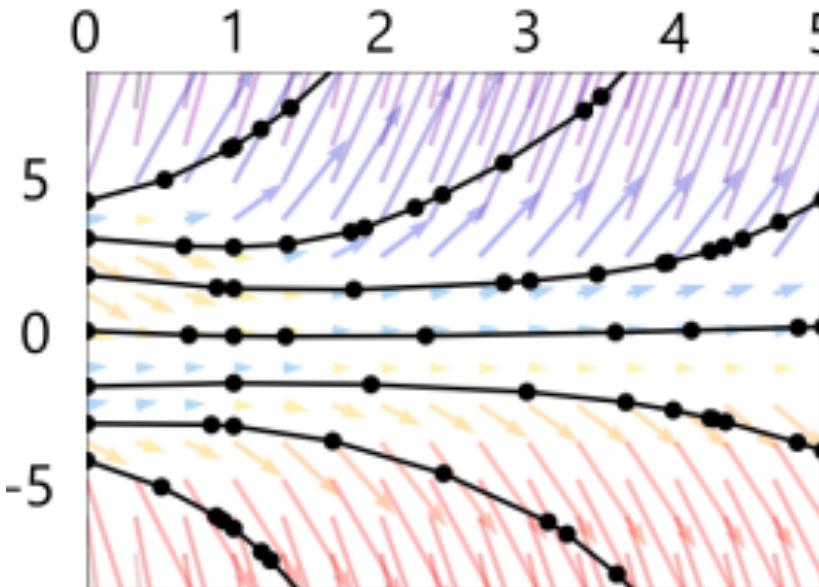
ice water mixing ratio (константа)

liquid water mixing ratio (константа)

температура воздуха (по слоям)

 $x \in \mathbb{R}^9$ 

state

 $F^\uparrow(z)$  $F^\uparrow(137)$ 

Neural ODE

$$l_\theta := \int_0^{137} (g(F^\uparrow(z), \theta) - f(z))^2 dz$$

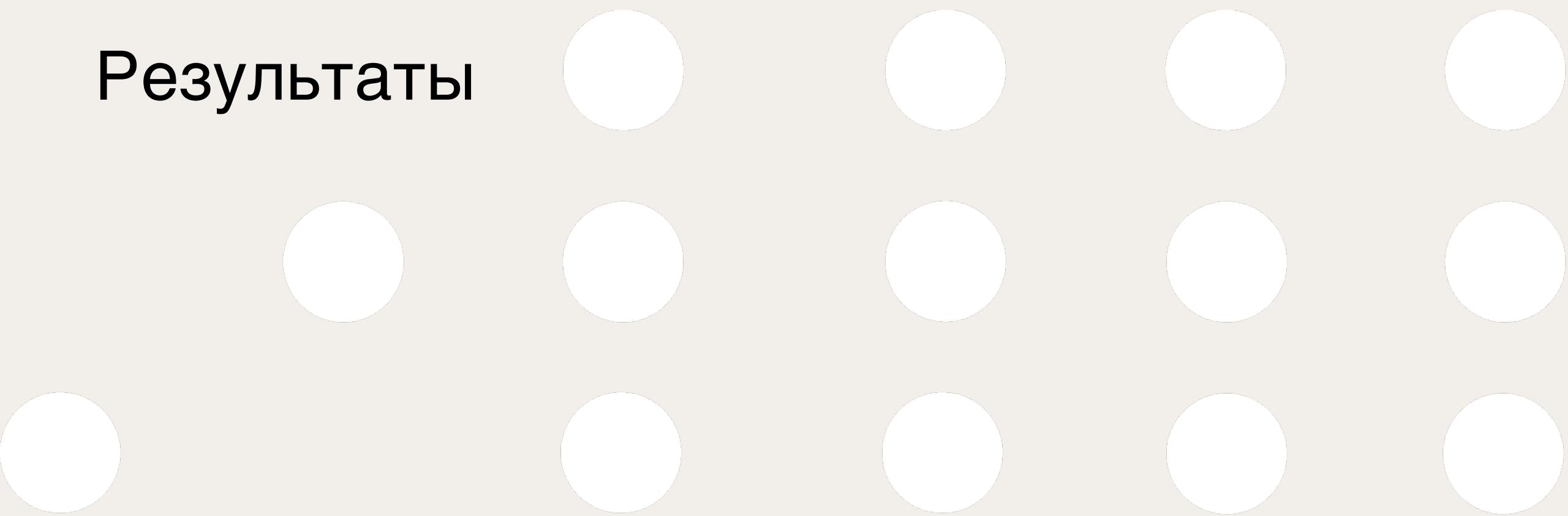
наблюдаемые значения

делал презентацию и нашёл ошибку.  
правильно брать  
значения по слоям

# 02

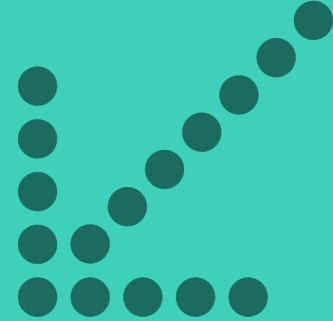
---

## Результаты

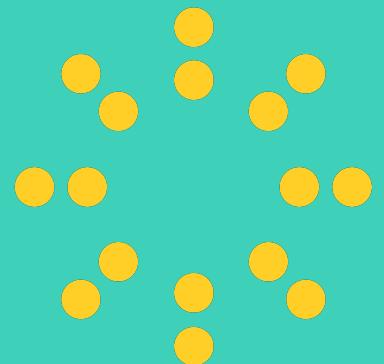


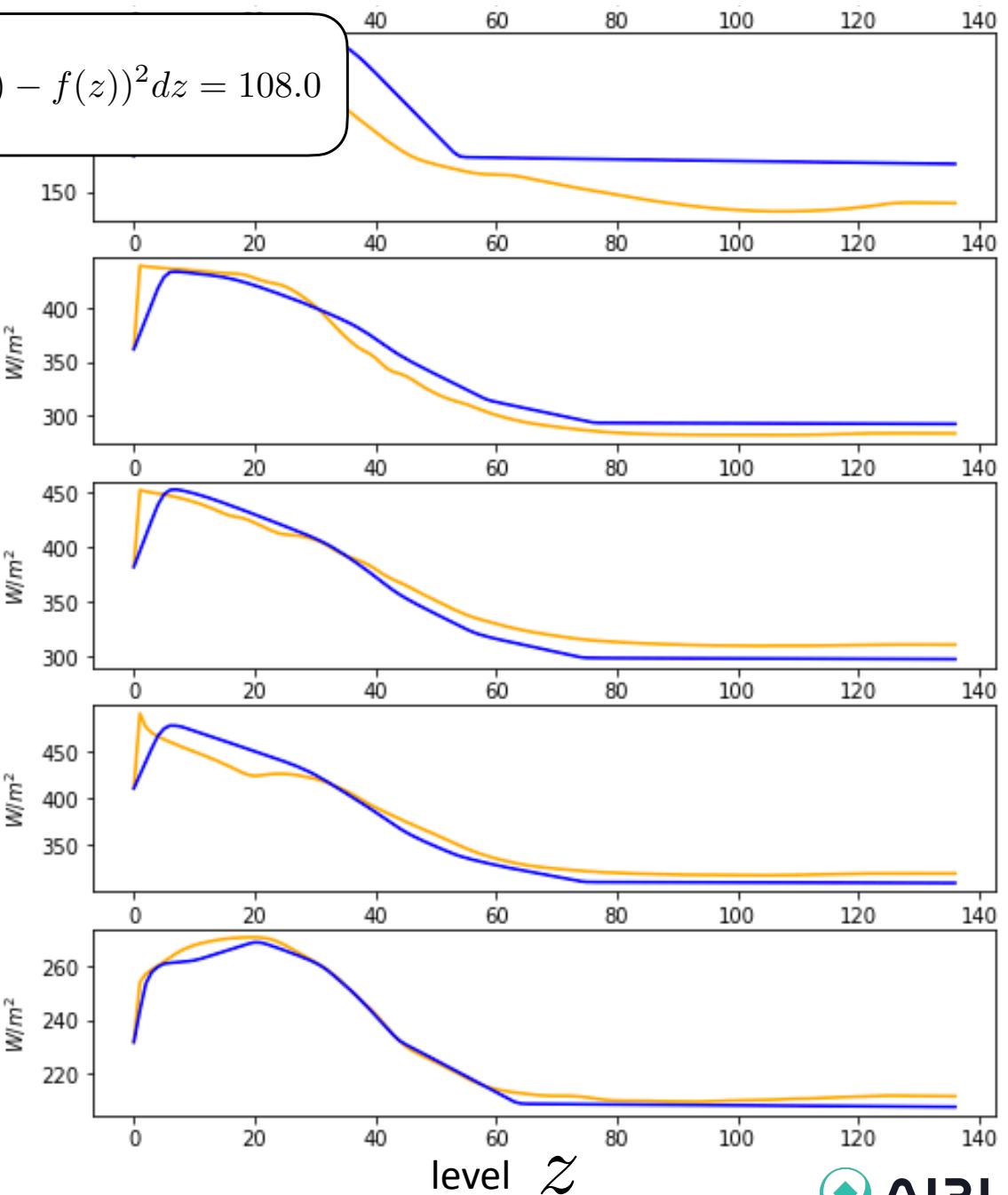
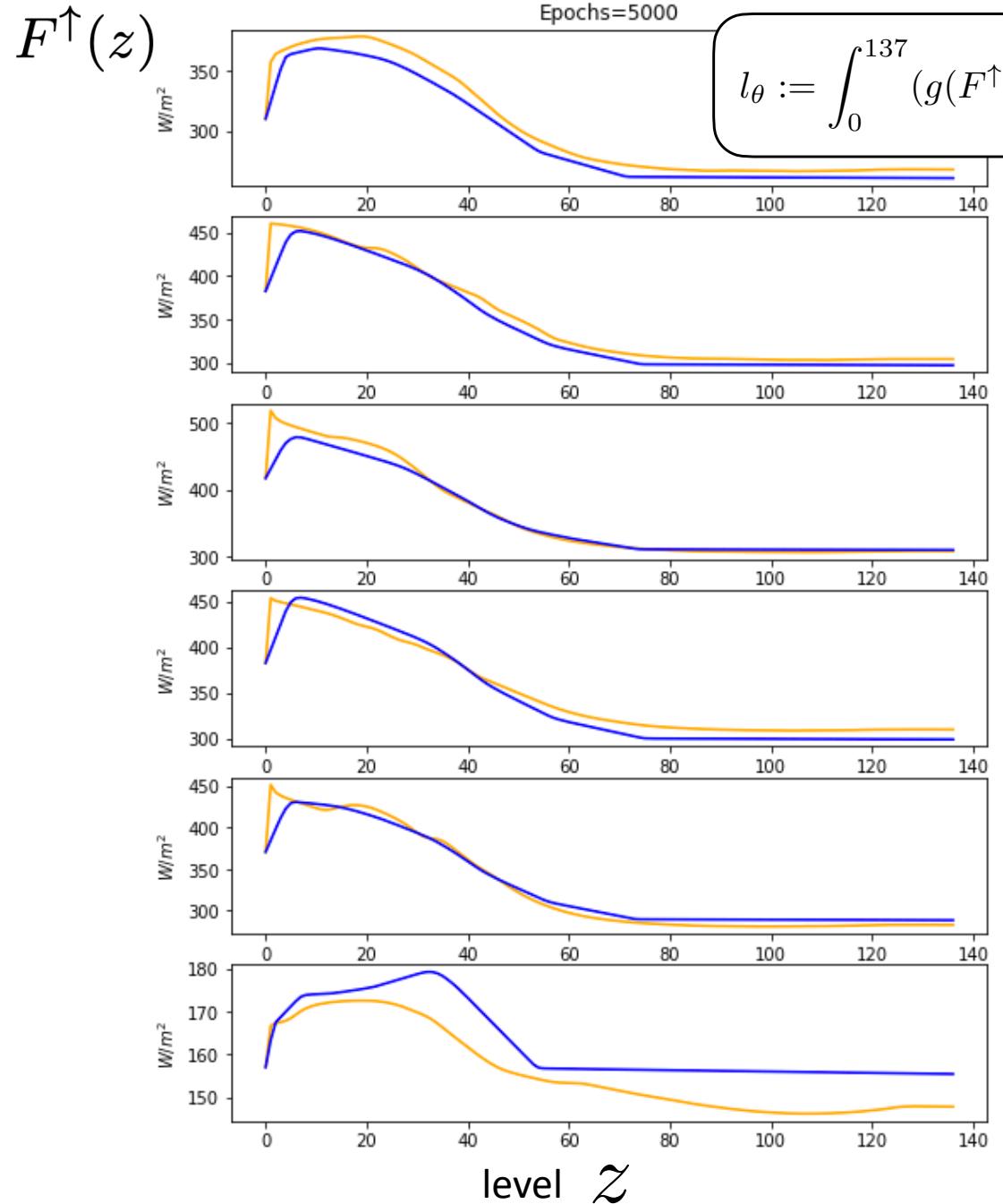
---

Использовалось только  
5833 без облачных  
регионов  
max cloud\_fraction < 0.001



Тренировка: 5716  
Тест: 117





The diagram illustrates the decomposition of a vector field  $F$  into a sum of divergence-free and curl-free components. The total vector field  $F$  is shown as a red arrow labeled  $\vec{F}$ . It is decomposed into two terms:

$$\vec{F} = \nabla \phi + \vec{H}$$

The first term,  $\nabla \phi$ , is a divergence-free field represented by a grid of blue dots. The second term,  $\vec{H}$ , is a curl-free field represented by a grid of yellow dots.



@ALEXANDERPONOMA  
REJKO

# До новых встреч!

<https://github.com/aponom84/Thermal-Radiation-NeuralODE>

<https://disk.yandex.ru/d/iUvIzjdfvqVWwQ>



[Telegram](#)



[VK](#)



[YouTube](#)



[LinkedIn](#)