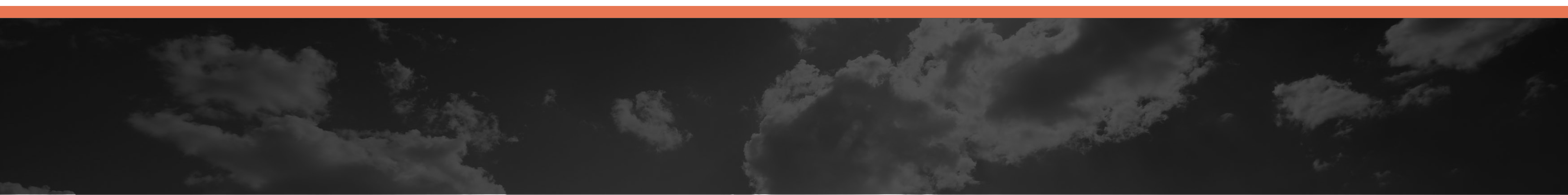


Программно-аппаратный комплекс мониторинга структуры водяного пара в атмосфере в г. Казань

**Казанский Федеральный Университет
Институт физики**

магистрант 1 г.о. Дементьев Виталий

научный руководитель: проф., д. ф.-м. н. Хуторова О.Г.



ВВЕДЕНИЕ

ВОДЯНОЙ ПАР

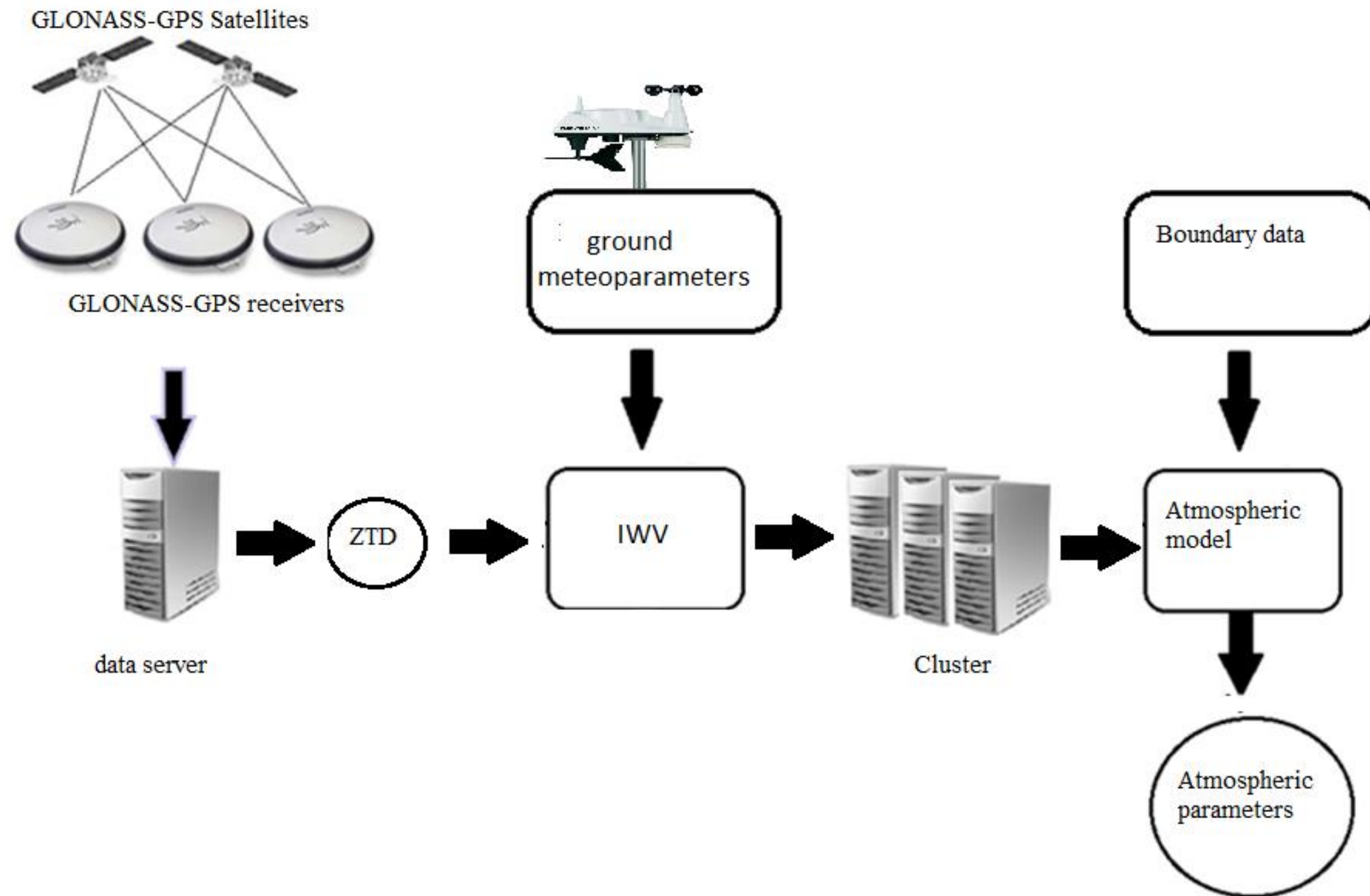


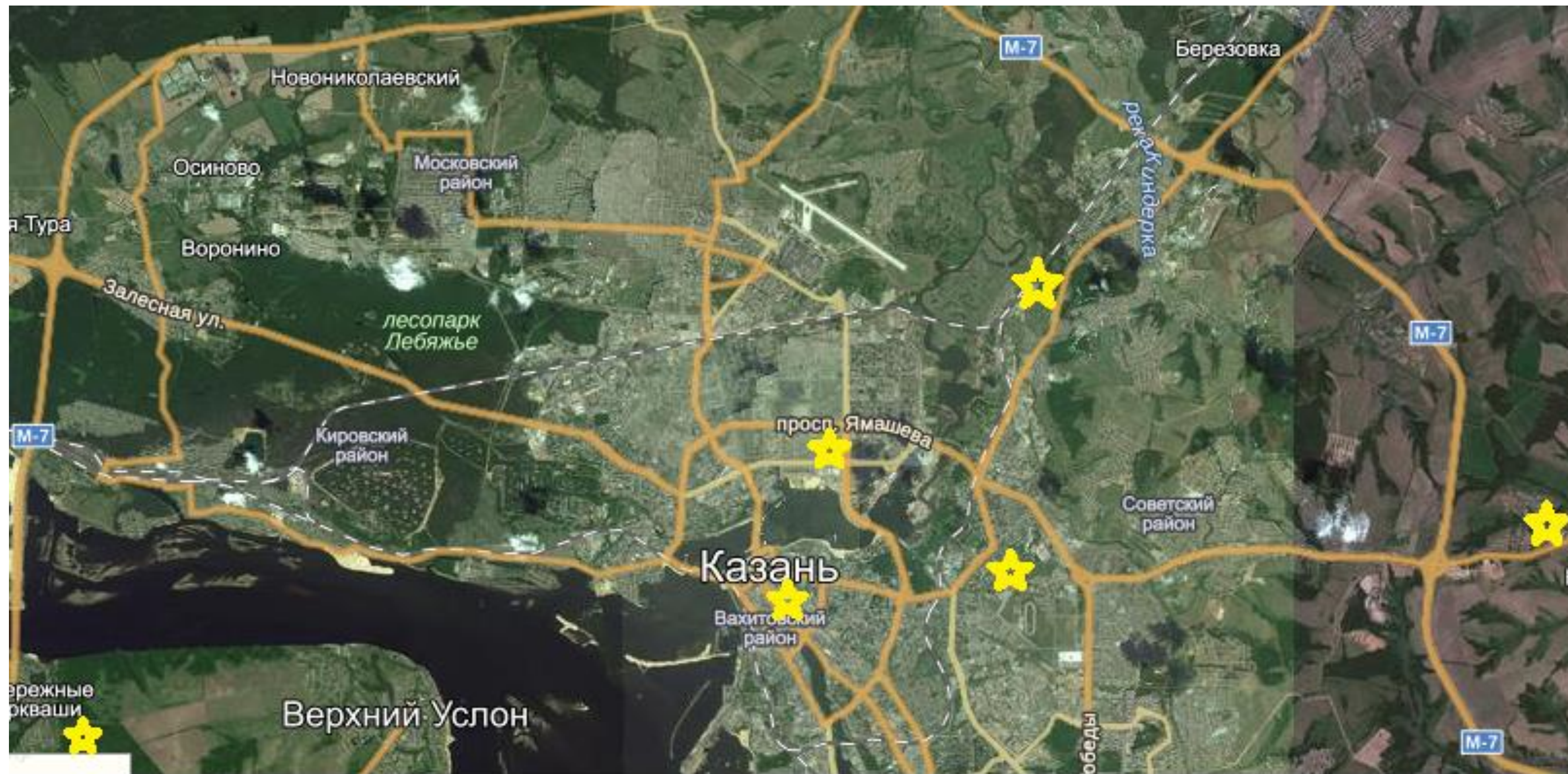
Водяной пар

Один из параметров первостепенной важности в изучении физики атмосферы, который может улучшить качество составления численных прогнозов погоды, краткосрочных и долгосрочных прогнозов.

Также этот параметр помогает в изучении таких явлений как грозы, наводнения, естественная изменчивость климата (глобальное потепление, изменение климата, повышение уровня моря), выпадение осадков, атмосферная телеконнекция и т.д.

Программно-аппаратный комплекс





Сеть наземных приемников GPS-GLONASS

МЕТОДИКА

РАДИОТОМОГРАФИИ

ТОМОГРАФИЯ ИНДЕКСА РЕФРАКЦИИ

Разработанная программа для выполнения расчетов базируется на теории **спутниковой радиотомографии**.

Измеренная наземным приемником фаза радиосигнала, отправленного спутником - результат **радиопросвечивания** атмосферы и, следовательно, несет в себе информацию, характеризующую состояние ее слоев. Эта информация накапливается через изменяющееся с высотой значение индекса рефракции N , который, в свою очередь, связан с высотным распределением метеорологических параметров: давлением, температурой, влажностью.

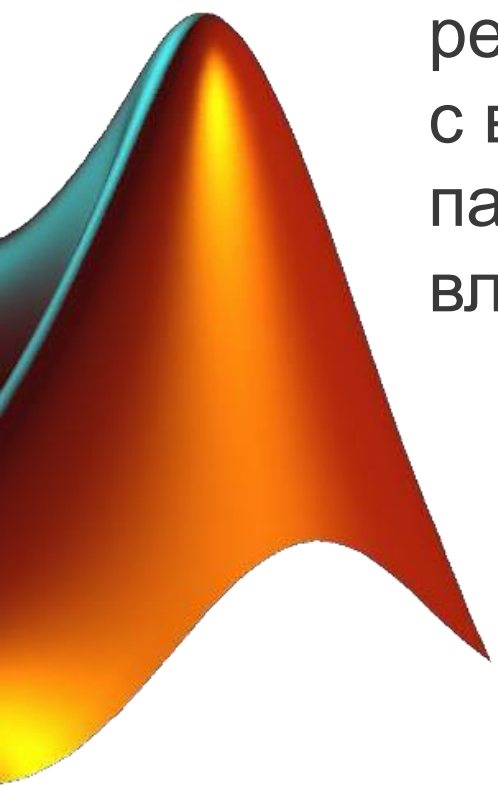
Дополнительный путь радиоволны от спутника до антенны, связанный с рефракцией в атмосфере:

$$(1) L = 10^{-6} \int_s N(s) ds$$

где N – индекс рефракции, ds – элементарная длина пути радиолуча

Для восстановления вертикального профиля индекса рефракции нужно решить **обратную задачу**.

Искомая величина – N .



Для пространственного распределения индекса рефракции радиоволн применяем дискретизацию атмосферы по вокселям.



Дискретизируя (1) получим следующее выражение

$$(2) \quad L_j = 10^{-6} \times \sum_i N_i \Delta S_{i,j},$$

где L_j – задержка радиолуча в тропосфере,
 N_i – индекс рефракции для i -го вокселя,
 $\Delta S_{i,j}$ – длина пути радиолуча в i -ом вокселе для j -го спутника.

Выражение (2) представляет собой систему уравнений, решение которой – суть обратной задачи томографии.

МЕТОДИКА

$$(3) \quad N = 77.6890 \frac{P}{T} + 71.2952 \frac{e_w}{T} + 375463 \frac{e_w}{T^2},$$

где P – давление (в гектопаскалях), T – температура (в градусах Цельсия),
 e_w - насыщенное давление водяного пара (в гектопаскалях).

$$(4) \quad N(h = 11500 \text{ м}) = 77.6890 \frac{P}{T} = N_{hyd}$$

$$(5) \quad N(h = 11500 \text{ м}) = N_{hyd} \exp(-\gamma h)$$

γ – скорость убывания индекса рефракции при изменении высоты h :

Отсюда мы можем найти γ :

$$(6) \quad \gamma = \frac{\ln(N_{hyd}) - \ln(N)}{11500}$$

Зная скорость убывания индекса рефракции можно восстановить гидростатический профиль тропосферы.

$$(7) \quad N_{hyd_prof} = \sum_{i=0}^{15} N_{hyd} \exp(-\gamma h_i)$$

Так как в начале мы сделали предположение о том, что на высоте $h = 11500$ м влажности нет, а полный индекс рефракции определяется только через гидростатическую составляющую, то для восстановления структуры водяного пара нужно учитывать индекс рефракции для влажного воздуха.

Зная профиль полной рефракции и гидростатическую составляющую можем выразить водяной пар:

$$(8) \quad e = \frac{N - N_{hyd_prof}}{\frac{71.2952}{T} + \frac{375463}{T^2}}$$

ПРОГРАММА



**Входные данные:
 $N(h)$, T , P**



**Расчеты в
программе**



**Восстановленная пространственно –
временная структура водяного пара**

РЕЗУЛЬТАТЫ

