

Анализ трехмерной структуры поля влажносодержания атмосферы как задача технического зрения

Ермаков Д.М.

ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

Алгоритмы технического зрения в трехмерном случае

Модель поля консервативных трассеров:

$$I(\mathbf{x}, t) = I(\mathbf{x} + \mathbf{v}dt, t + dt)$$

В случае достаточной гладкости поля I и движений \mathbf{v} получаем разложением до линейных членов по dt .

$$(\partial I / \partial \mathbf{x}) \mathbf{v} + \partial I / \partial t = 0$$

Некорректные обратные задачи такого типа не решаются локально!

Пример: расчет векторов атмосферных движений

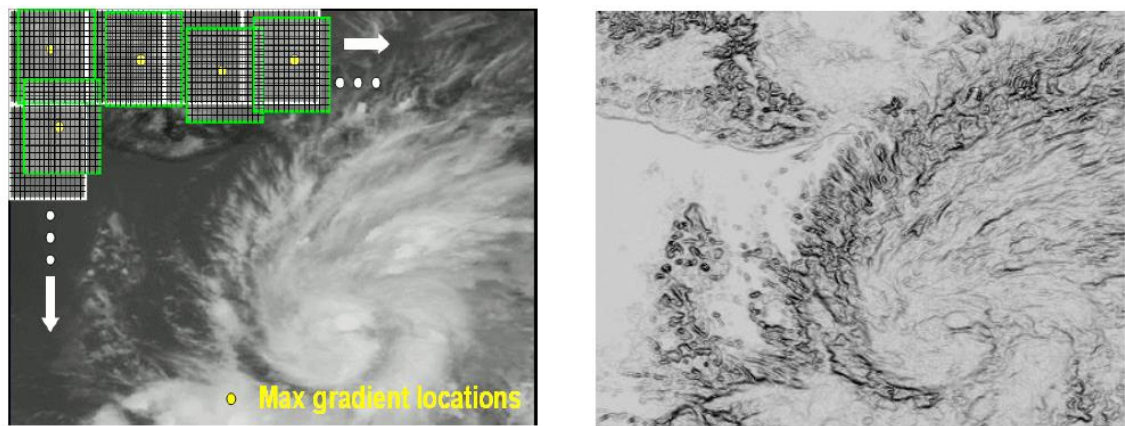


Figure 3. Image of 11um brightness temperature (left) and the 11um brightness temperature gradient (right) from the GOES-12 imager instrument. The white boxes show the target scenes at their original locations. The green boxes show the target scenes which have been repositioned at the pixel location containing the maximum brightness temperature gradient as indicated by the yellow dot.

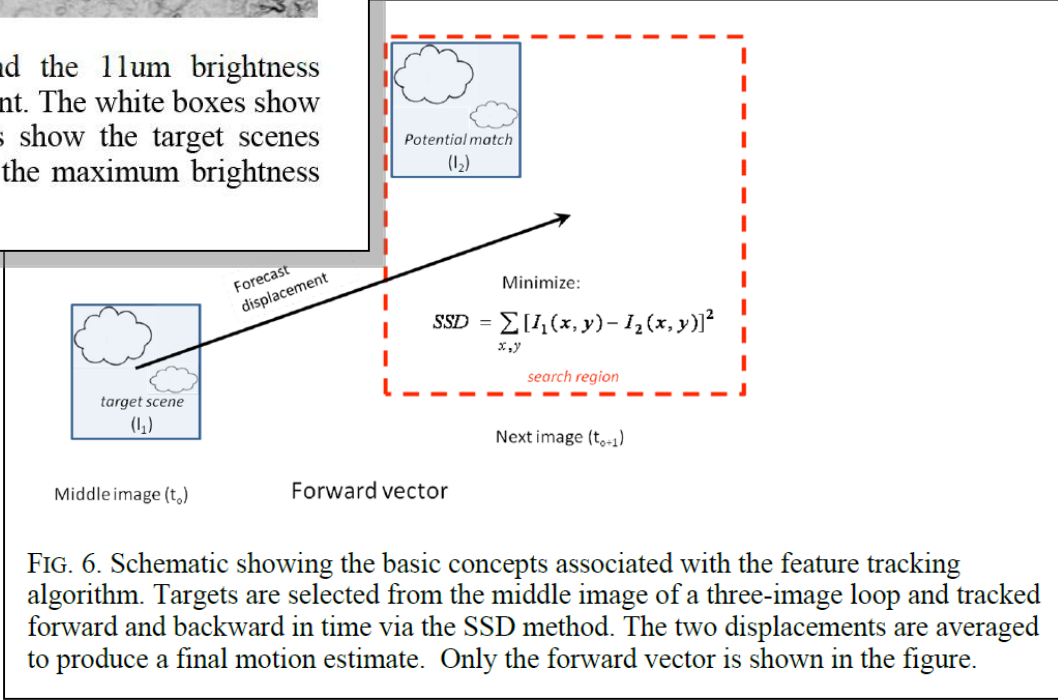
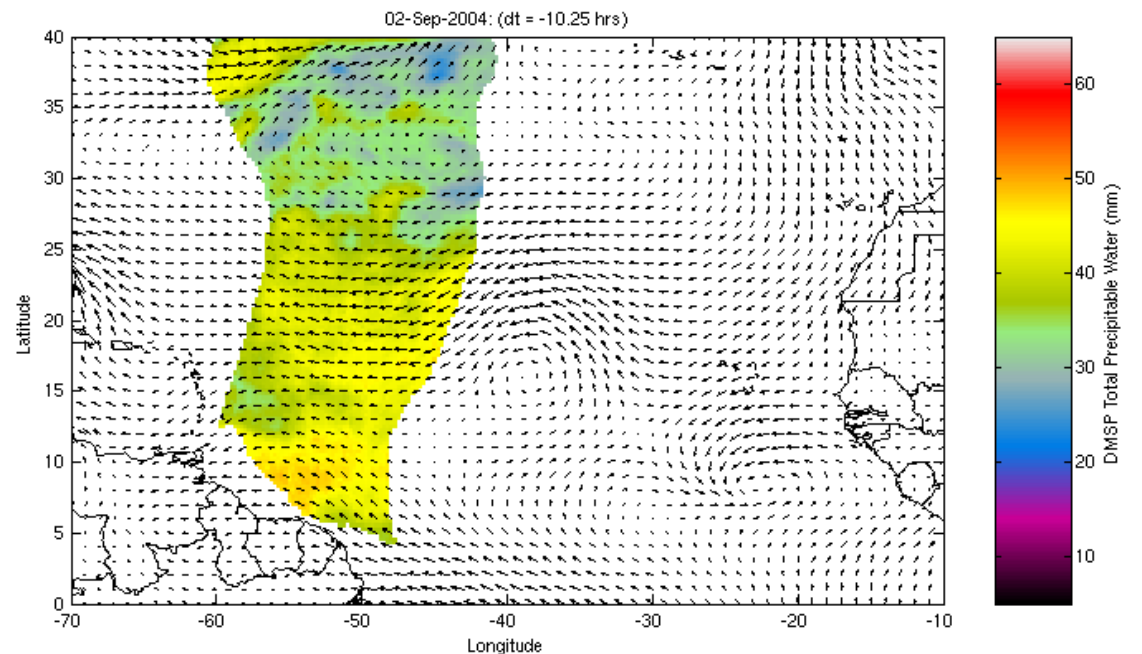


FIG. 6. Schematic showing the basic concepts associated with the feature tracking algorithm. Targets are selected from the middle image of a three-image loop and tracked forward and backward in time via the SSD method. The two displacements are averaged to produce a final motion estimate. Only the forward vector is shown in the figure.

Движение, «интегрированное» по высоте



$$|\mathbf{u}^*| = \sum w_i u_i$$

$$\mathbf{u} = [u_i]; \mathbf{m} = [m_i]$$

$$W = \sum m_i$$

$$(\mathbf{u}, \mathbf{m}) = f \approx |\mathbf{u}^*| \cdot W$$

$$w_i \approx m_i / W$$

Table 2. Advecting wind profile weighting functions, by latitude.^a

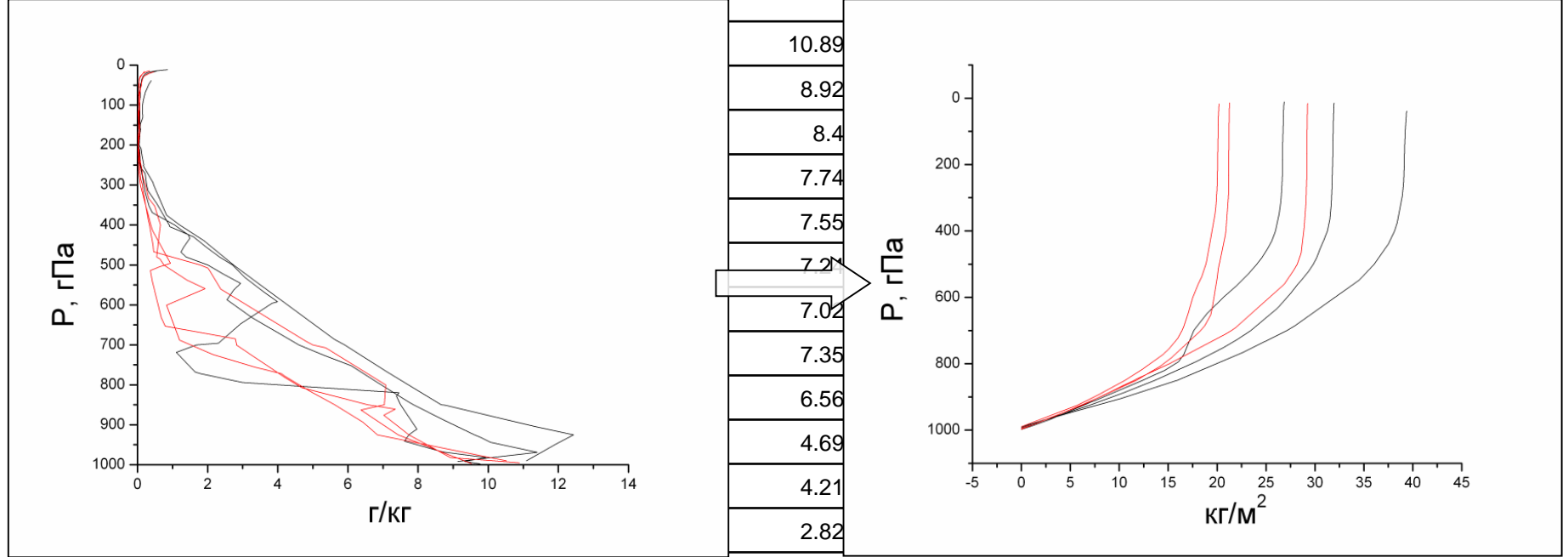
Height (hPa)	weight, $\leq 25^\circ$	weight, $\geq 50^\circ$
700	0.160	0.138
850	0.280	0.345
1000	0.560	0.517

^a Valid for north and south latitude (always positive in this table). Weights between 25° and 50° latitude are calculated by linear interpolation.

“The weighting function was determined empirically, but it approximates the climatological average distribution of specific humidity in the lower troposphere as a function of latitude”

Переход от профиля влажности к влагосодержанию в слое

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
1000	144									



...

$$P = \rho_w RT / (p_w \mu_a)$$

$$P = 100 \cdot \text{PRES}$$

$$T = \text{TEMP} + 273,15$$

$$p_w = \text{MIXR} / 1000$$

$$\mu_a \approx 0,029$$

$$R \approx 8,3$$

$$\rho_w = [\rho_i] \implies$$

$$\mathbf{q} = [q_i]$$

$$\mathbf{z} = [z_i]$$

$$q_0 = 0$$

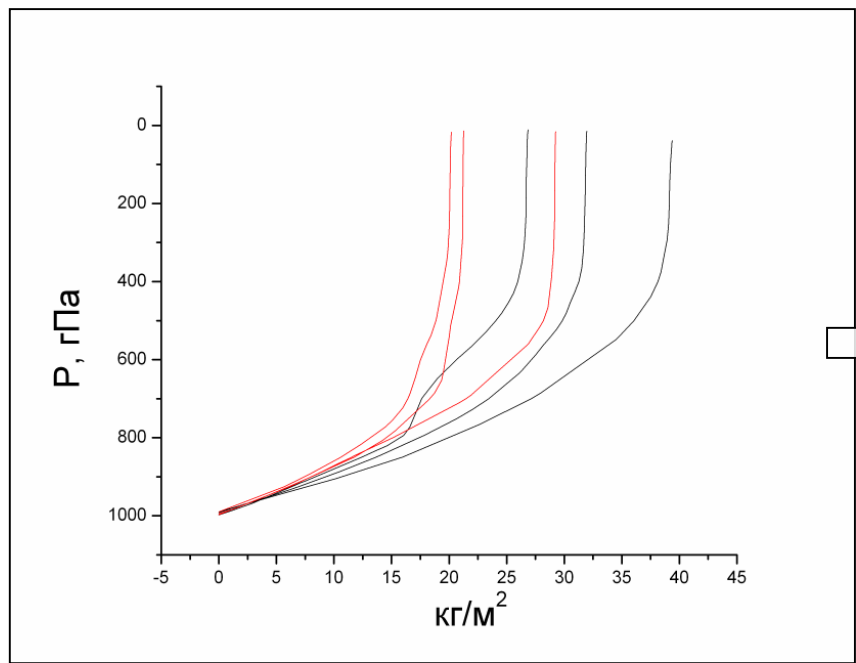
$$q_i = q_{i-1} + (\rho_i + \rho_{i-1}) \cdot (z_i - z_{i-1})$$

$$W = q_{iMax}$$

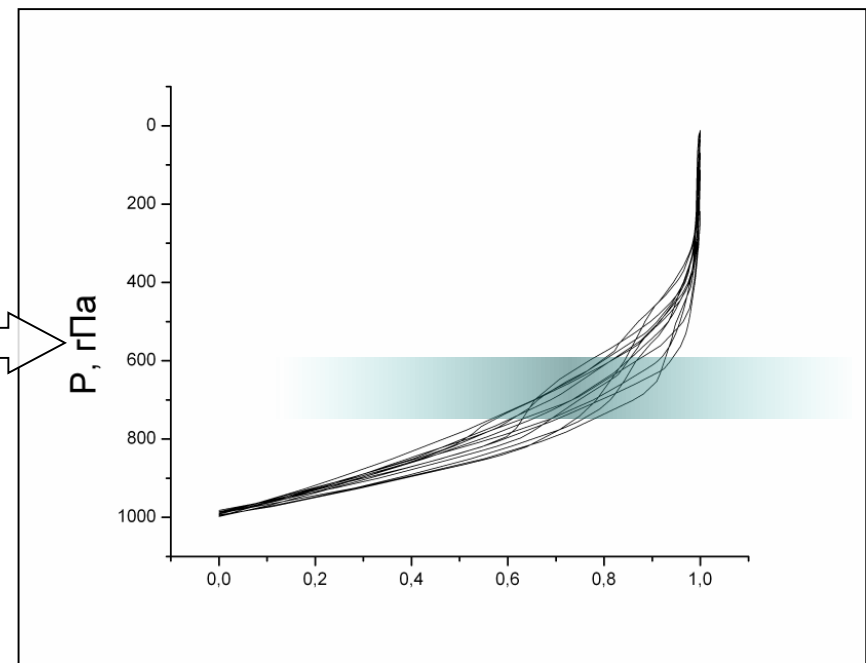
Нормированные профили влагосодержания в слое до Земли

«В [34] показано, что в окрестности резонансной линии $\lambda = 1,35$ см вариации» яркостных температур, вызываемые перераспределением пара в атмосфере при фиксированном влагосодержании, настолько велики, что могут быть использованы для определения профиля влажности в атмосфере»

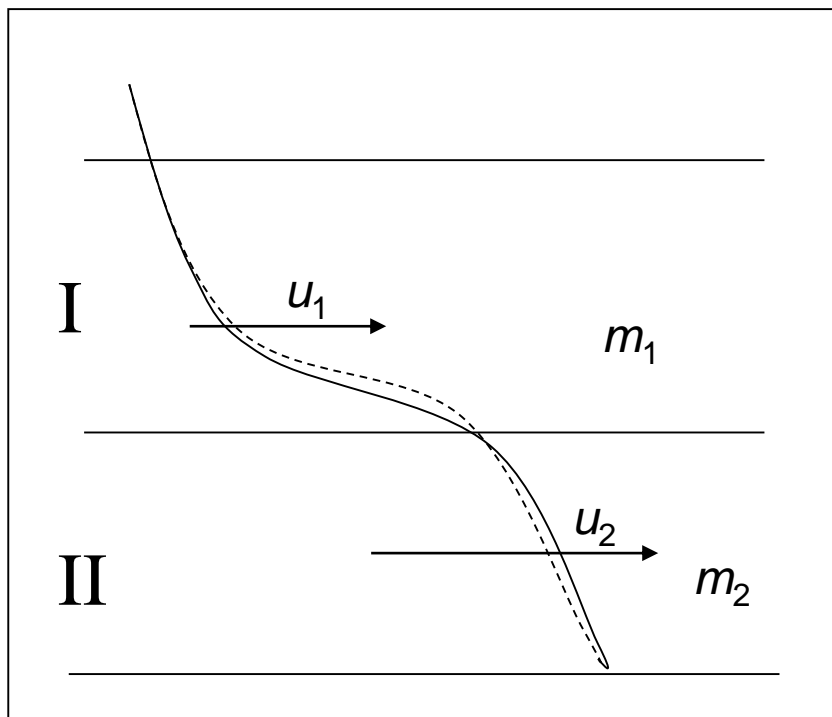
Башаринов, Гурвич, Егоров. Радиоизлучение Земли как планеты



$\therefore W$



Базовая идея усвоения информации о движении



$$W = m_1 + m_2 \quad (1)$$

$$f = u_1 m_1 + u_2 m_2 \quad (2)$$

Если бы алгоритмы оценки движения обеспечивали достаточную точность восстановления скоростей, то можно было бы рассмотреть следующий рекурсивный алгоритм:

- 1) Начальная оценка m_1 и m_2 при условии (1)
- 2) Расчет динамики в слоях I и II по отдельности, получение u_1 и u_2
- 3) Вычисление невязки в условии (2) и коррекция m_1 и m_2
- 4) Возврат к пункту 2.

$$W = m'_1 + \Delta + m'_2 - \Delta$$

$$f' = u_1 m'_1 + u_2 m'_2 = u_1 m_1 + u_2 m_2 + \Delta \cdot (u_1 - u_2)$$

$$f' - f = \varepsilon = \Delta \cdot (u_1 - u_2)$$

$$\Delta = \varepsilon / (u_1 - u_2)$$

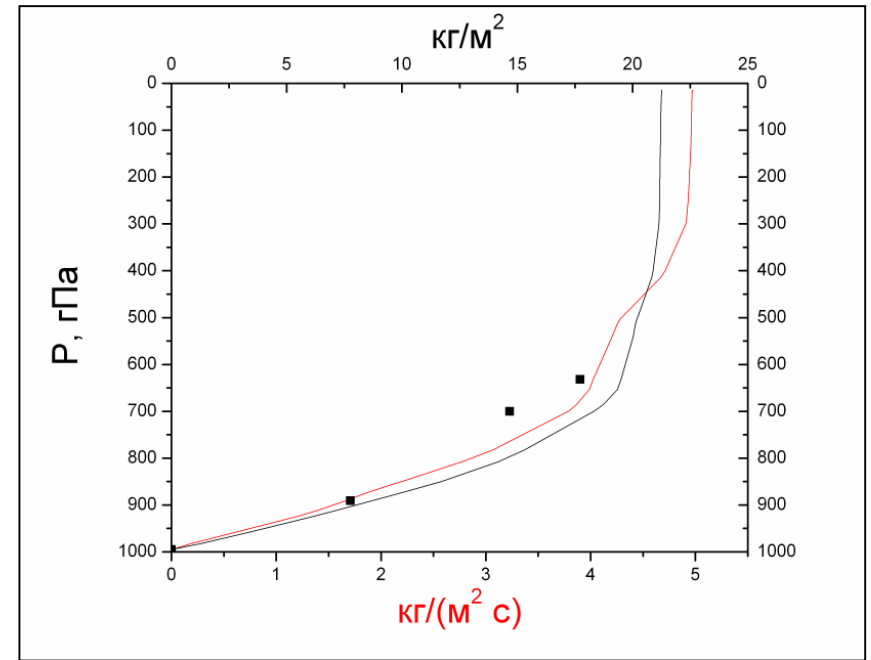
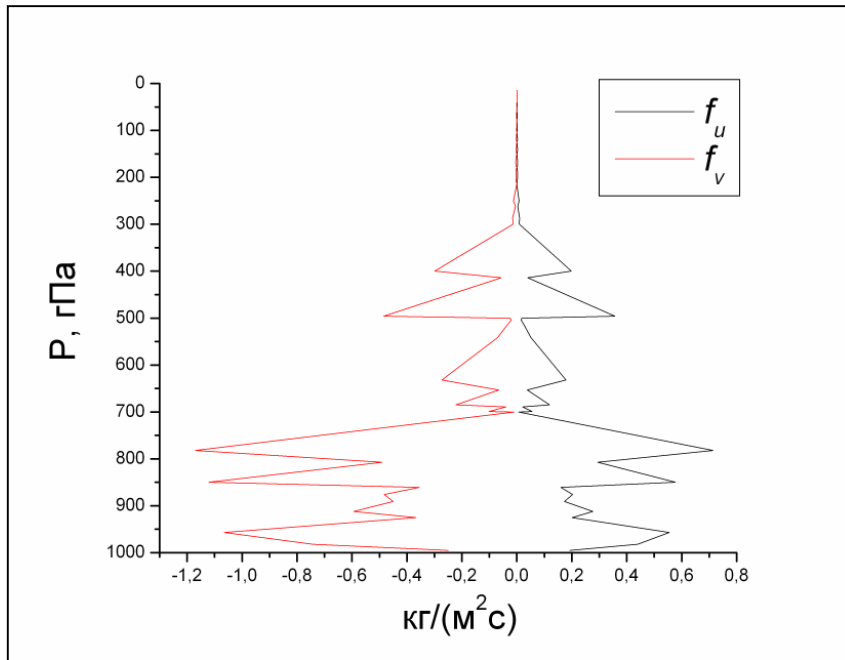
Потоки по данным метеозондирования

$$u = 0,51 \cdot \text{SKNT} \cdot \sin(\pi \cdot \text{DRCT}/180)$$

$$v = 0,51 \cdot \text{SKNT} \cdot \cos(\pi \cdot \text{DRCT}/180)$$

$$f_i = (q_{i+1} - q_i) \cdot (u_i + u_{i-1})/2$$

$$s_i = s_{i-1} + f_i; s_0 = 0$$



Черная линия – «накопленное»
влажносодержание

Красная линия – «накопленный» поток

Квадраты – расчет по весам (Wimmers,
Velden, 2011)

Заключение

- 1) Базовая идея включения дополнительной информации о трехмерной структуре атмосферы для восстановления вертикальных влажностных профилей заключается в усвоении информации о движении (адвекции) на разных атмосферных горизонтах;
- 2) Достаточной целью усвоения дополнительной информации о движении представляется получение реперной точки профиля в окрестности горизонта 700 гПа;
- 3) Можно реализовать итерационную численную схему усвоения информации о движении при условии обеспечения робастных расчетов векторов атмосферной адвекции;
- 4) Необходимо проанализировать репрезентативный объем метеозондовых измерений для расчета статистических характеристик адвективных потоков водяного пара и оценки возможности построения устойчивой схемы коррекции вертикального профиля влажности с помощью информации о движении;
- 5) Предстоит большая работа – если уважаемые коллеги сочтут ее разумной...
- 6) Спасибо!