

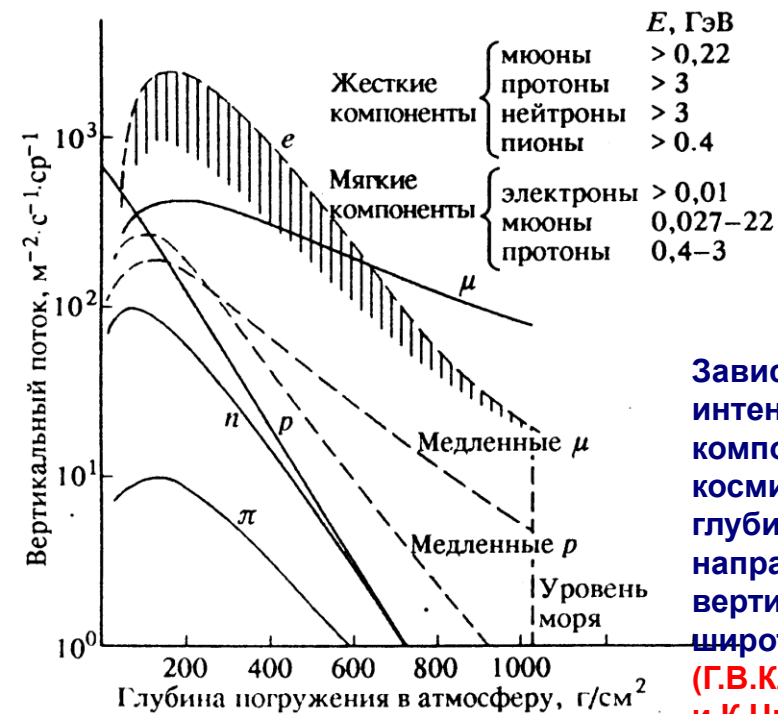
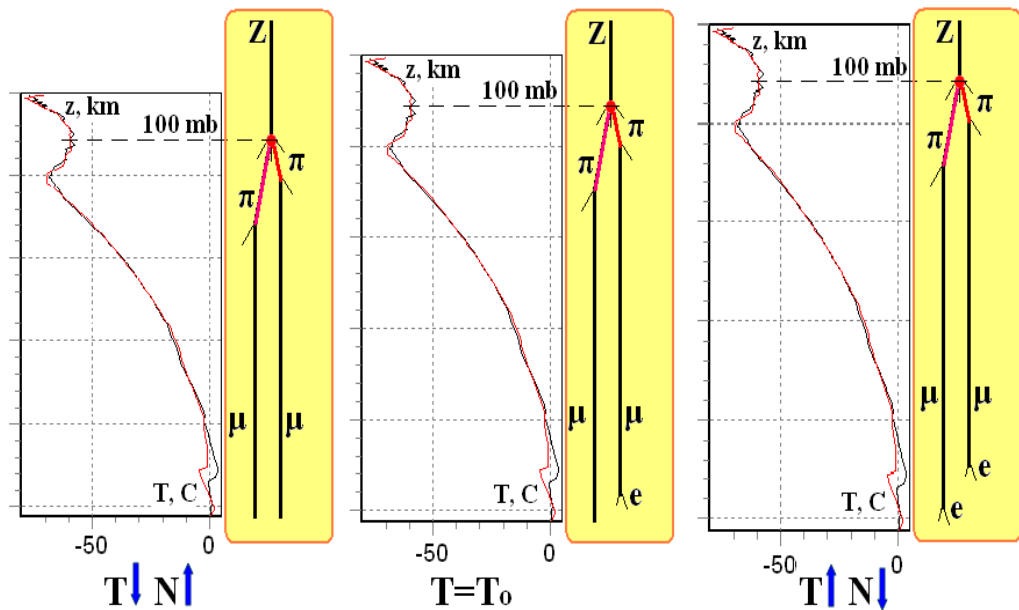
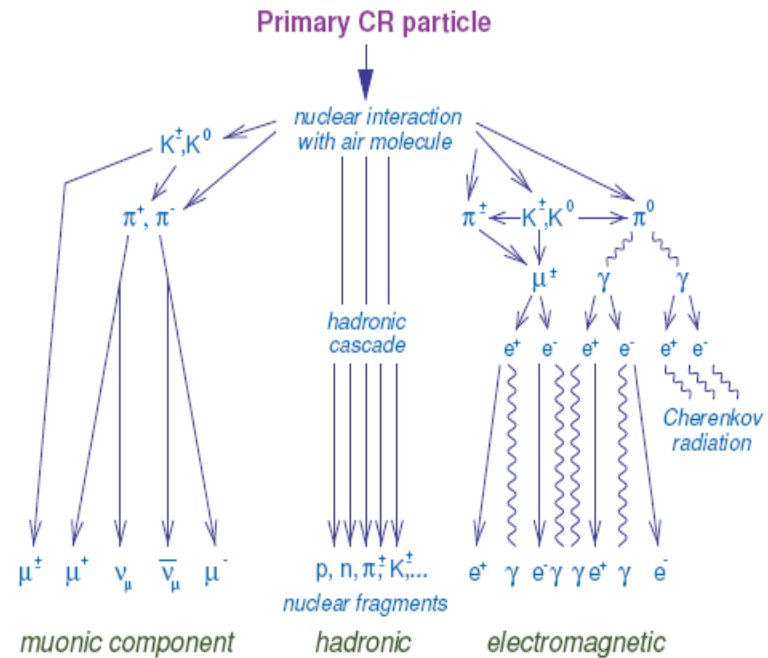
Метеорологические эффекты мюонного телескопа YangBaJing

М.Беркова, М.Ганева, М.Зазаян, А.Оспенко, В.Янке

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.
Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Россия, г.Троицк*



Температурный эффект

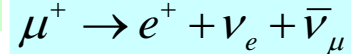
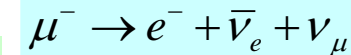
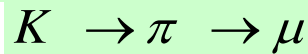
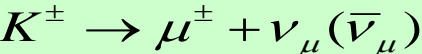
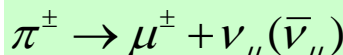


	$E, \text{ГэВ}$
мюоны	$> 0,22$
протоны	> 3
нейтроны	> 3
пионы	$> 0,4$
электроны	$> 0,01$
мюоны	$0,027-22$
протоны	$0,4-3$

$$\tau_{\pi} = 2,6 \times 10^{-8} \text{ c}$$

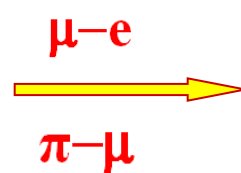
$$\tau_K = 1,2 \times 10^{-8} \text{ c}$$

$$\tau_{\mu} = 2,2 \times 10^{-6} \text{ c}$$



Зависимость интенсивности различных компонент вторичного космического излучения от глубины атмосферы. для направлений близких к вертикали и геомагнитной широты 60°

(Г.В.Клапдор-Клайнгротхаус и К.Цюбер, 2000)



➤ отрицательный ТЭ

➤ положительный ТЭ

Температурные данные. GFS модель

В работе использованы данные температурного моделирования **Глобальной прогностической системы (GFS - Global Forecast System)**, представляемые Национальным центром прогноза состояния окружающей среды (National Centers for Environmental Prediction — NCEP, США)

NCEP, <http://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs/>

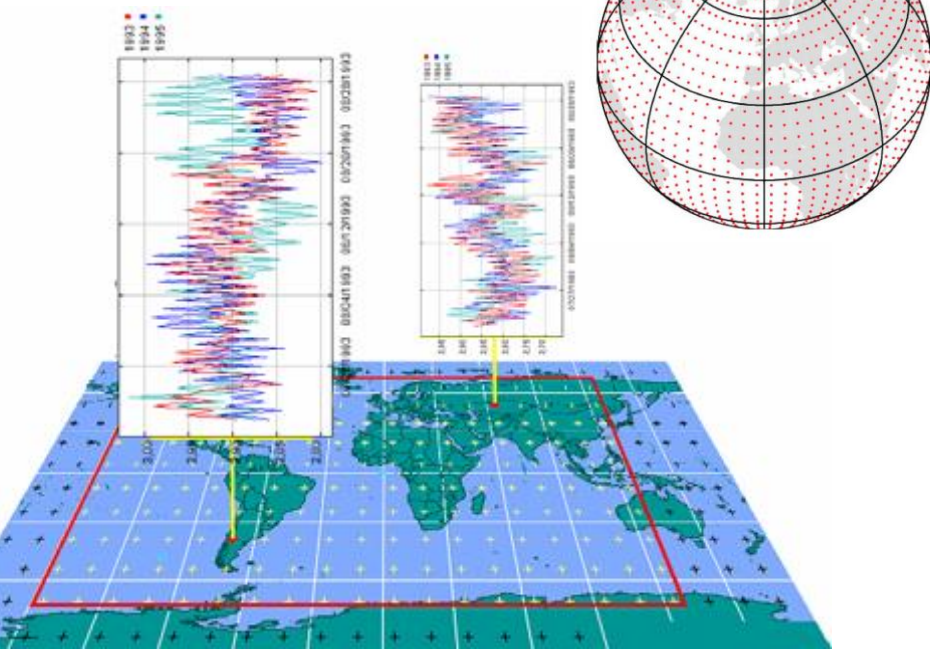
GFS outputs:

температура на 17 изобарических уровнях:

уровень наблюдения, 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10, hPa

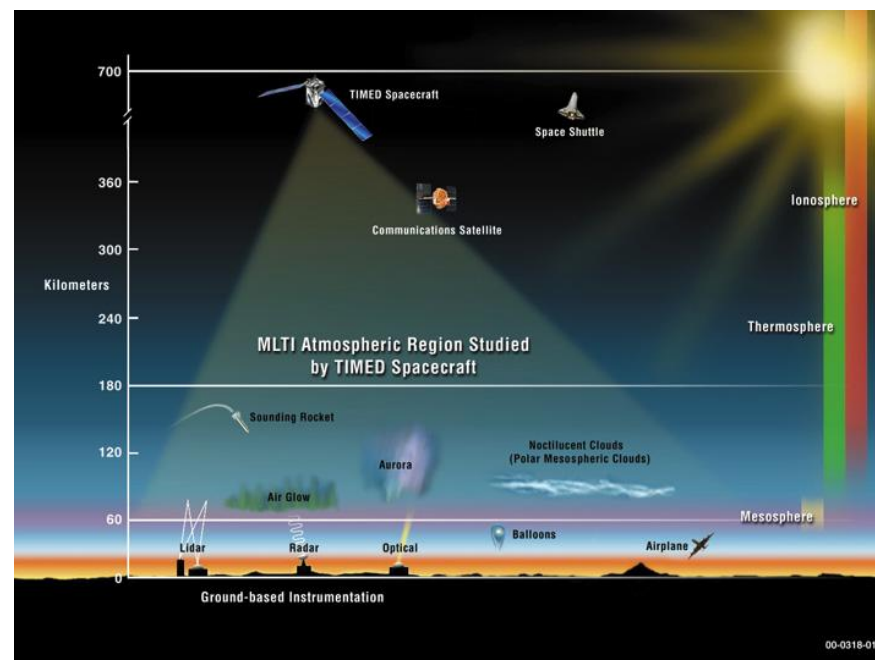
для четырех моментов времени:
00, 06, 12 и 18 часов.

Данные интерполированы
на сетке с разрешением $1^\circ \times 1^\circ$.



*Высота изобарического уровня 100 мб
получена по данным дистанционного
зондирования атмосферы из космоса 10-
канальным лимбовым инфракрасным
радиометром SABER, установленном на
спутнике TIMED*

<http://saber.gats-inc.com/index.php>

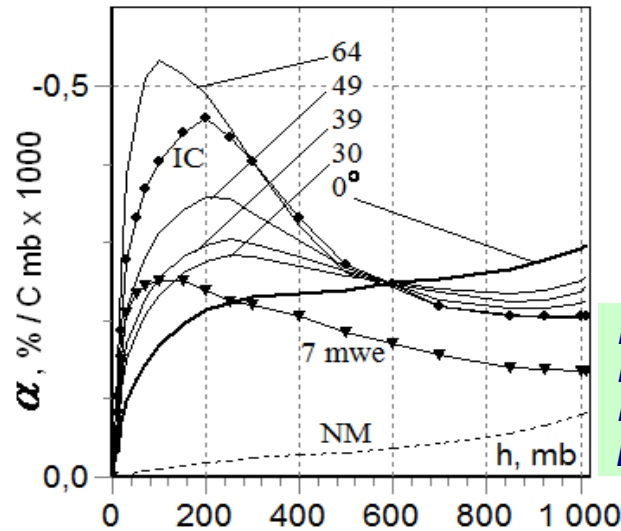


Методы исключения температурного эффекта мюонной компоненты КЛ

интегральный метод

$$\delta I_T = \int_0^{h_0} \alpha(h) \cdot \delta T(h) \cdot dh$$

$$\delta T(h) = T(h) - T_B(h)$$



•Дорман Л.И.
Метеорологические
эффекты космических лучей.
М., Наука, 1972

Плотности
температурных
коэффициентов для
различных детекторов

метод эффективной температуры

$$\frac{\delta N_\mu}{N_{\mu \text{ Temp}}} = \int_0^{h_0} W_T^\mu(h) \delta T(h) dh = \alpha_T \cdot \delta T_{\text{eff}}$$

Ambrosio et al. (1997) : эффективная температура –средневзвешенная температура как функция от ВЫСОТЫ

$$\alpha_T = \int_0^{h_0} W_T^\mu(h) dh, [\% / ^\circ K]$$

$$T_{\text{eff}} = \frac{\int dX h(X) T(X)}{\int dX h(X)}$$

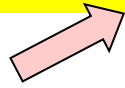
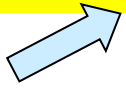
$$\frac{\Delta I_\mu}{I_\mu^0} = \alpha_T \frac{\Delta T_{\text{eff}}}{T_{\text{eff}}}$$

$$T_{\text{eff}} = 1 / \alpha_T \cdot \int_0^{h_0} W_T^\mu(h) T(h) dh$$

Ambrosio M. et al. Seasonal variations in the underground muon intensity as seen by MACRO. Astroparticle Physics, 7 (1997)

➤ метод эффективного уровня генерации (Duperier)

$$\delta I_T = \alpha_H \delta H + \alpha_T \delta T$$



коэффициент распада (%/km) - отрицательный эффект

положительный температурный коэффициент (%/C)

Метод базируется на предположении, что мюоны генерируются в основном на определенном изобарическом уровне (обычно принимаемом за 100 mb), высота H которого изменяется с изменением температурного режима атмосферы.

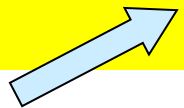
Высота изобарического уровня 100 mb:
 ➤ определяется непосредственным измерением;
 ➤ вычисляется на основе барометрической формулы

$$P = P_0 \exp\left(-\frac{\mu g}{R} \int_0^H \frac{dh}{T(h)}\right)$$

Duperier A., The Meson Intensity at the Surface of the Earth and the Temperature at the Production Level. // Proc. Phys. Soc., A 62, 1949, P. 684-696

➤ метод среднемассовой температуры

$$\delta I_T = \bar{\alpha} \int_0^{h_0} \delta T(h) \cdot dh = \bar{\alpha} \cdot \delta T_m$$

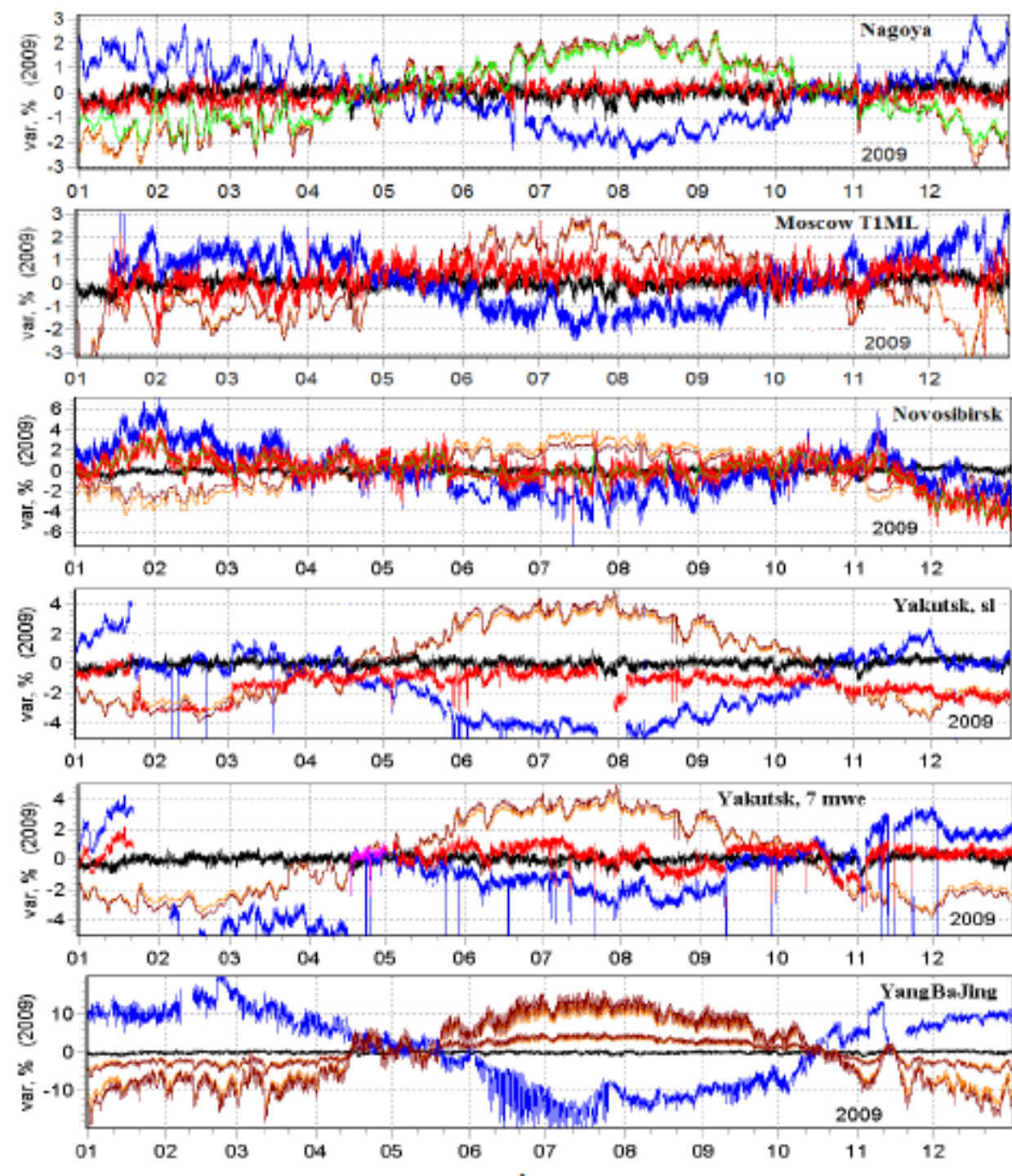


среднемассовая температура

Метод базируется на допущении, что плотность температурного коэффициента для наземных детекторов не сильно изменяется с глубиной атмосферы h

Крестьянников Ю.Я., Дворников В.М., Сергеев А.В. Определение среднемассовой температуры атмосферы по данным интенсивности КЛ. // Геомагнетизм и аэрономия. 1976. Т. 16. № 5. С. 923-925

Сравнение методов



исходные неисправленные данные

данные, исправленные интегральным методом

поправка на температурный эффект методом среднemasсовой температуры

поправка на температурный эффект интегральным методом

поправка, найденная методом эффективного уровня генерации

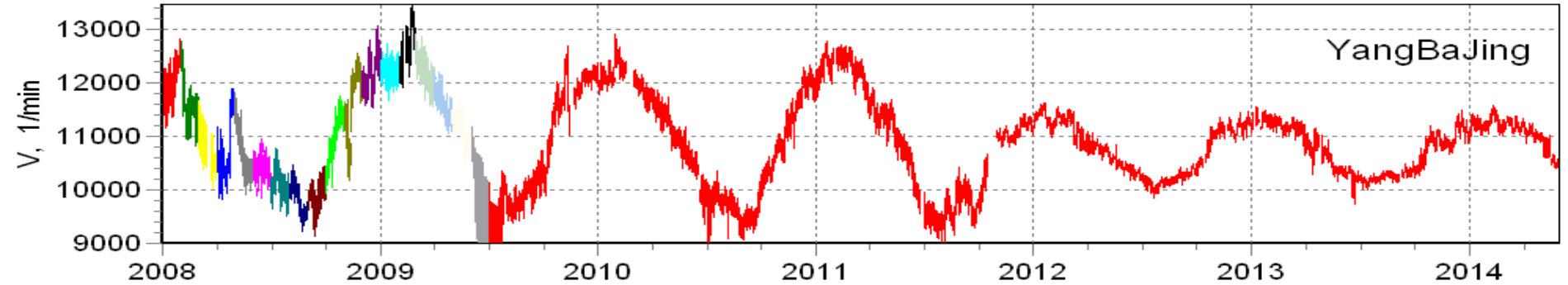
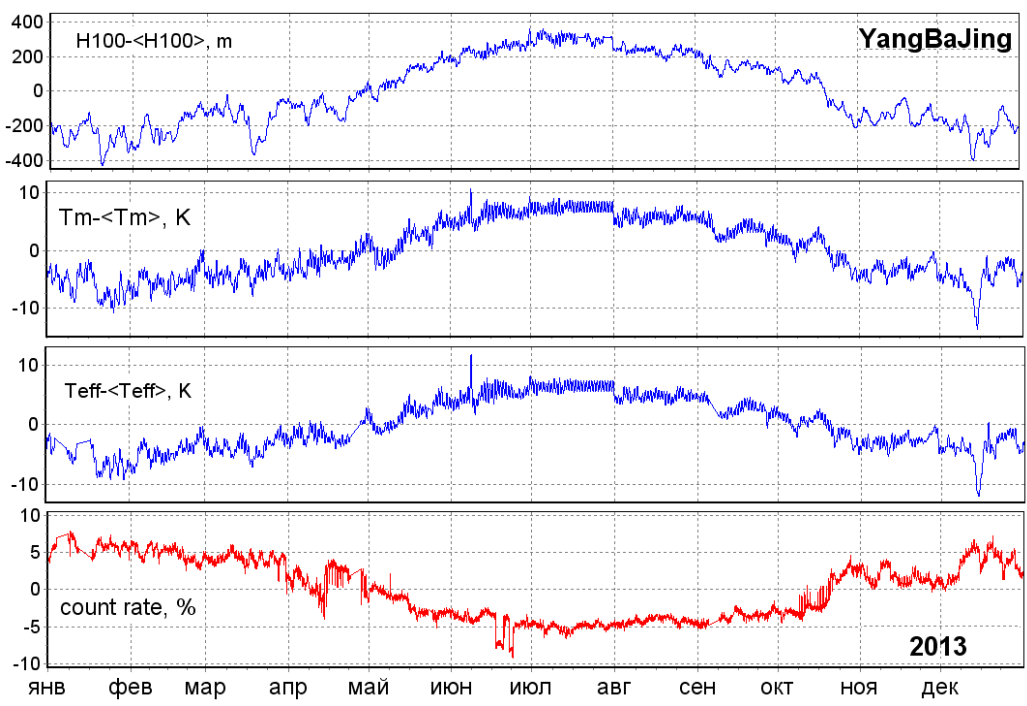
вариации нейтронного монитора Thailand

М.Д.Беркова, А.В.Белов, Е.А.Ерошенко, В.Г.Янке.
Температурный эффект мюонной компоненты и практические вопросы его учета в реальном времени. 31-я ВККЛ, Москва, 2010

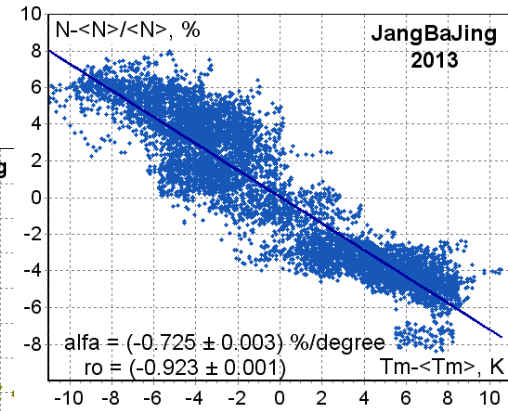
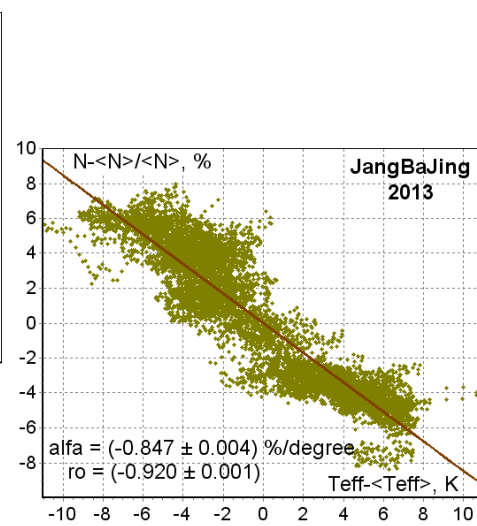
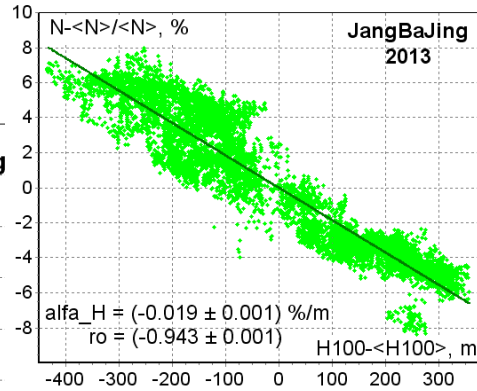
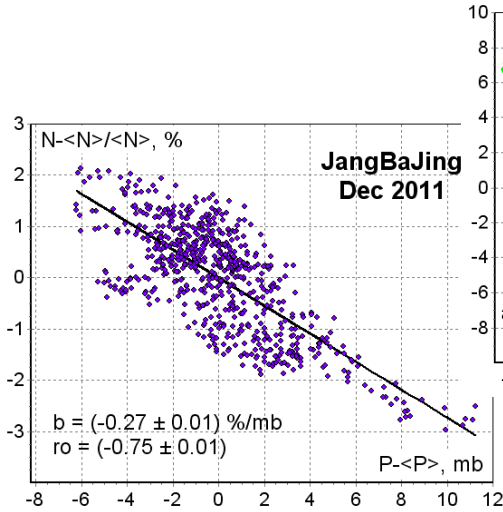
Мюонный телескоп JangBaJing

Тибет, Кумай, 30.11N, 90.53 E

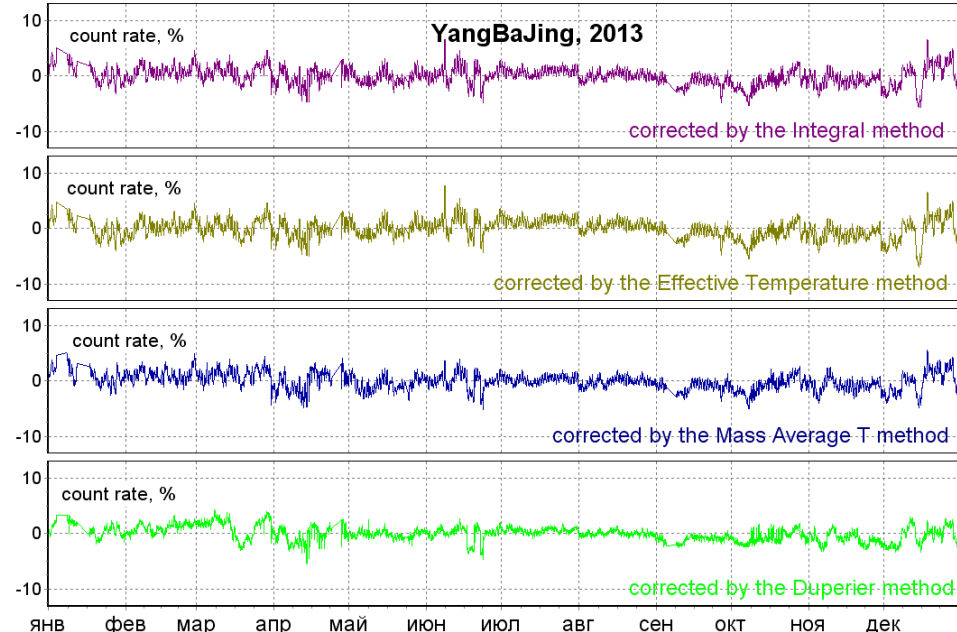
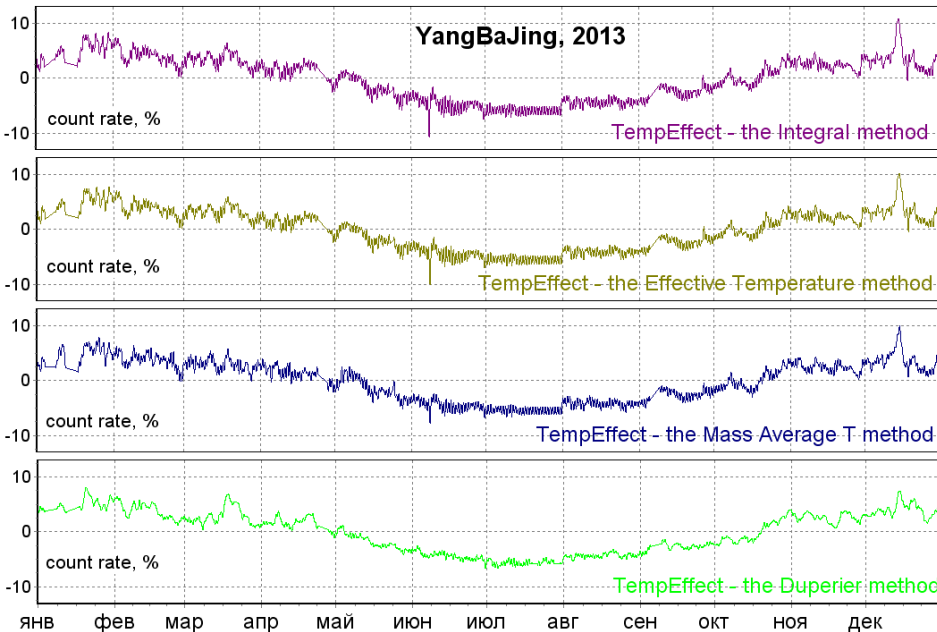
- 4300 m above sea level (607 mb)
- two rows of 16 (6x4x2) plastic scintillation counters
- 6 m² of total area separated by 10 cm of lead
- runs stably from the end of 2008



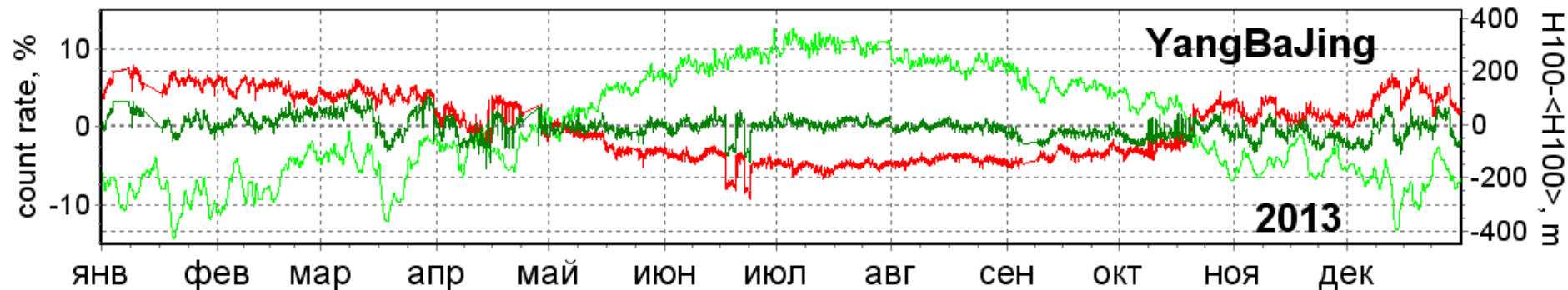
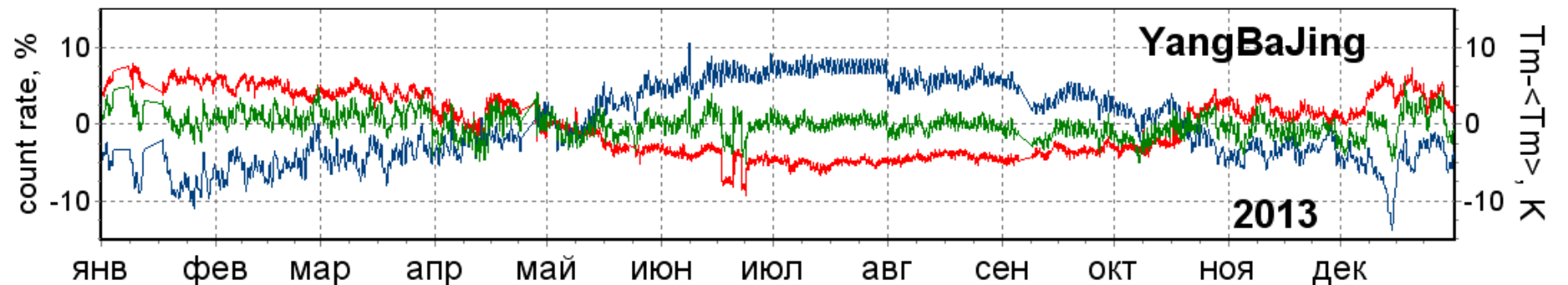
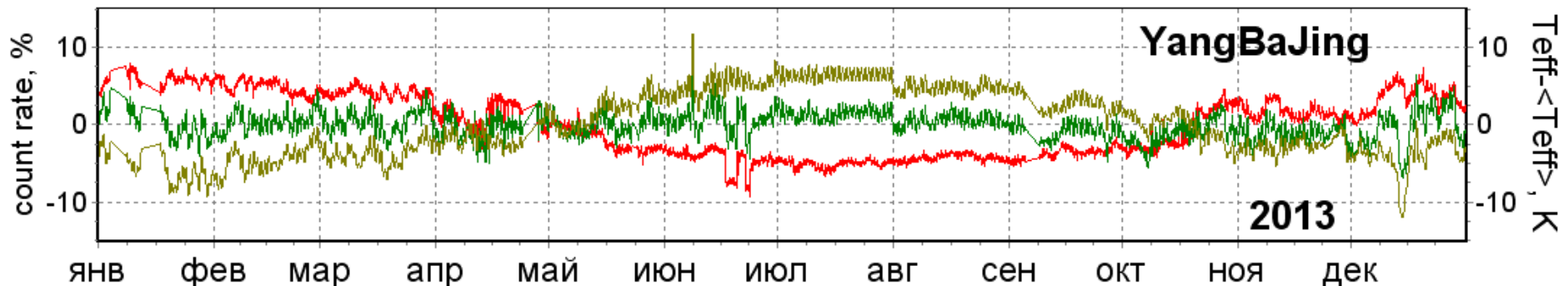
JangBaJing / Barometric Effect / Temperature Effect



/ Data Correction for the Temperature Effect



JangBaJing / Temperature Effect / Results



исходные данные, не исправленные на температурный эффект

данные, исправленные на температурный эффект

вариации эффективной температуры

вариации среднемассовой температуры

вариации уровня генерации 100мб

Выводы

1. По данным мюонного телескопа JangBaJing был определен барометрический коэффициент (для вертикали):

$$\beta = (-0.27 \pm 0.01) \%/\text{мб} \text{ с коэффициентом корреляции } \rho = (-0.27 \pm 0.01)$$

2. По данным мюонного телескопа YangBaJing за 2013 год был определен температурный эффект (для вертикали) 4 известными методами: интегральным методом, методом эффективной температуры, методом среднемассовой температуры и методом эффективного уровня генерации (Дюперье).

Поправочные температурные коэффициенты, полученные из регрессионного анализа для методов эффективной температуры, среднемассовой температуры и уровня генерации соответственно равны:

$$\alpha_{T_{\text{эфф}}} = (-0.847 \pm 0.004) \%/\text{C} \quad (\rho = (-0.92 \pm 0.01))$$

$$\alpha_{T_{\text{срмасс}}} = (-0.725 \pm 0.003) \%/\text{C}, \quad (\rho = (-0.94 \pm 0.01))$$

$$\alpha_{H_{100}} = (-0.019 \pm 0.001) \%/\text{м}, \quad (\rho = (-0.94 \pm 0.01))$$

3. Точность метода эффективной температуры, как и точность интегрального метода, определяется точностью используемых плотностей температурных коэффициентов (так называемых дифференциальных температурных коэффициентов). Для мюонного телескопа YangBaJing теоретически определенные плотности температурного коэффициента для наземных мюонных телескопов (с учетом высоты детектора YangBaJing – 4300 м н.у.м.) пришлось подкорректировать в соответствии с методикой, описанной в [M Ganeva, S Peglow, R Hippler, M Berkova and V Yanke "Seasonal variations of the muon flux seen by muon telescope MuSTAnG", 2013, J. Phys.: Conf. Ser. Volume 409, 012242, [doi:10.1088/1742-6596/409/1/012242](https://doi.org/10.1088/1742-6596/409/1/012242)]...

4. Несмотря на принципиальные различия представленных методов, полученные для горного детектора с их помощью температурные поправки не сильно различаются, и позволяют исключить температурные вариации из данных мюонного телескопа с хорошей точностью.