

Зверев А.С., Григорьев В.Г., Стародубцев С.А.

## **УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭФФЕКТА В ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЮОННЫХ ТЕЛЕСКОПОВ**

### **Аннотация**

По методике разработанной в ИЗМИРАН реализован учет температурного эффекта в данных регистрации комплекса мюонных телескопов Якутского спектрографа космических лучей на газоразрядных счетчиках СГМ-14 и глобальной сети GMDN. Созданы пополняемые базы данных, исправленные на температурный эффект. Показано, что рассчитанные температурные коэффициенты, позволяют качественно исключать температурный эффект в данных регистрации мюонных телескопов. Результаты определения температурных коэффициентов и их использования представлены в сети Интернет <https://ikfia.ysn.ru/data/heclab/mt>.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Использование мюонных детекторов для исследований вариаций космических лучей сдерживается присутствием большого температурного эффекта, присущего мюонной компоненте вторичного космического излучения. Для исключения такого эффекта необходимы данные аэрологического зондирования вблизи пункта расположения детектора, которые чаще всего отсутствуют. Относительная роль метеорологических эффектов космических лучей определяется типом вариаций и в некоторых случаях учет метеорологических эффектов особенно важен. Наиболее трудно исследовать вариации внеатмосферного происхождения, период которых совпадает или близок к периоду соответствующих вариации атмосферного происхождения.

## ПРОБЛЕМА ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭФФЕКТА

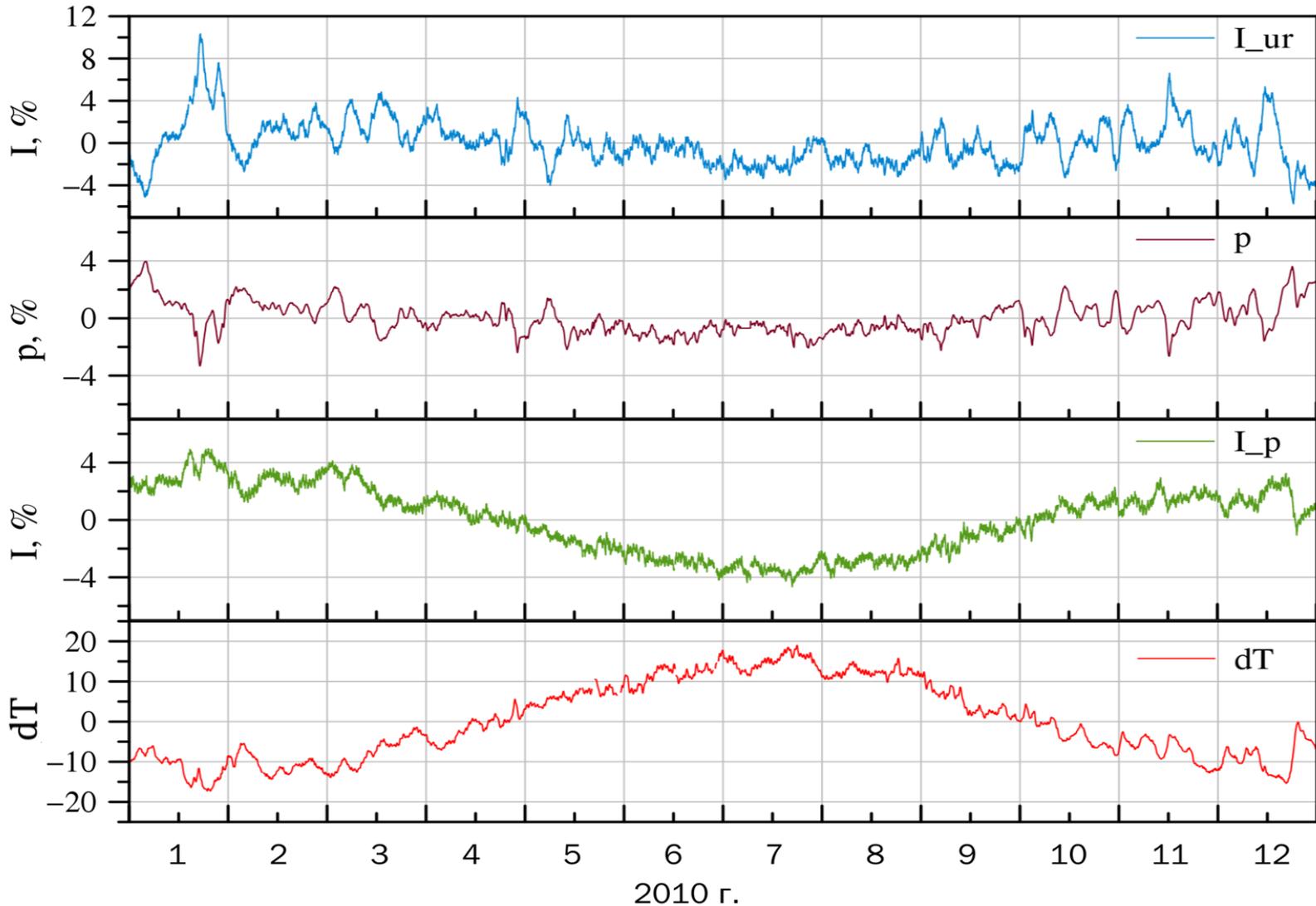


Рис.1. Температурный ход ( $dT$ ), атмосферное давление ( $p$ ), неисправленные ( $I_{ur}$ ) и исправленные ( $I_p$ ) на барометрический эффект данные регистрации Якутского спектрографа космических лучей МТ0 в направлении вертикаль за 2010 г.

## МЕТОДИКИ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭФФЕКТА

- Для оценки температурного эффекта интегральным методом необходимо знать плотность температурного коэффициента  $W_T^\mu(h, \theta)$ .

$$\frac{\delta N}{N_T} = \delta_T = \int_0^{h_0} W_T^\mu(h, \theta) \delta T(h) dh$$

- Метод эффективной температуры требует знание плотности температурного коэффициента только с точностью до множителя, который определяется экспериментально. Используется для подземных детекторов.

$$\frac{\delta N}{N_T} = \int_0^{h_0} W_T^\mu(h) \delta T(h) dh = \alpha_T \delta T_{eff}$$

- Метод среднемассовой температуры не требует знания плотности температурного коэффициента, но достаточно хорошо работает для наземных детекторов.

$$\frac{\delta N}{N_T} = \bar{\alpha}_T \int_0^{h_0} \delta T(h) dh = \bar{\alpha}_T \delta T_{mm}$$

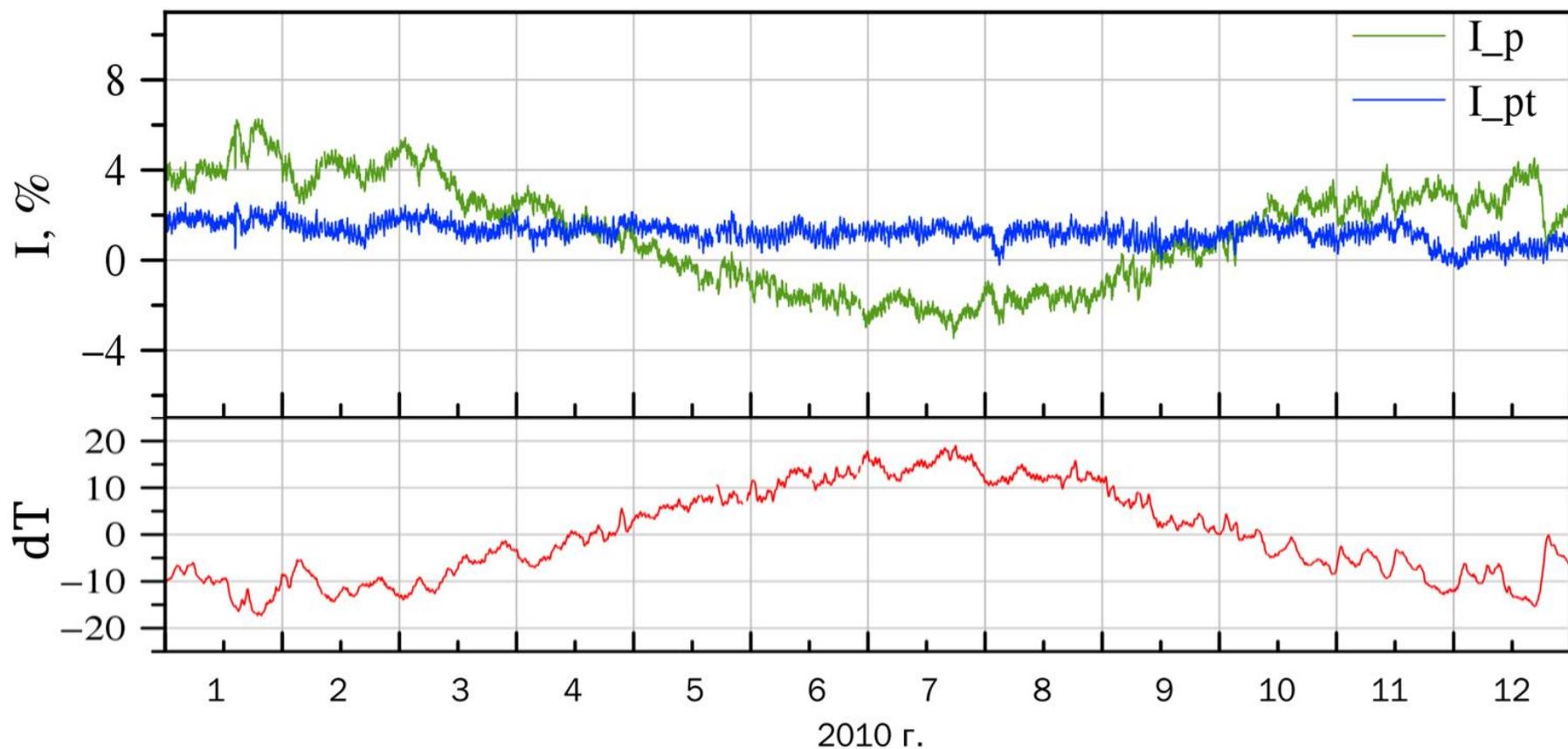


Рис.2. Температурный ход ( $dT$ ), неисправленные ( $I_p$ ) и исправленные ( $I_{pt}$ ) на температурный эффект данные регистрации Якутского спектрографа космических лучей МГО в направлении вертикаль за 2010 г.

# РАСЧЕТ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Периоды для расчета температурных коэффициентов мюонных телескопов Якутского спектрографа за 2009-2018 гг.

Результаты расчета температурных коэффициентов для наземного мюонного телескопа  
(используется метод среднемассовой температуры).

**0 m w.e.**

Year	v	n30	s30	n60	s60
2009	-0,2265 ±0,0038	-0,2330 ±0,0040	-0,2182 ±0,0037	-0,2475 ±0,0040	-0,2419 ±0,0039
2010	-0,2324 ±0,0025	-0,2365 ±0,0026	-0,2272 ±0,0025	-0,2463 ±0,0028	-0,2596 ±0,0029
2011	-0,2464 ±0,0027	-0,2573 ±0,0028	-0,2315 ±0,0026	-	-
2012	-0,2300 ±0,0032	-0,2420 ±0,0033	-0,2221 ±0,0031	-0,2449 ±0,0034	-0,2582 ±0,0035
2013	-0,2285 ±0,0031	-0,2338 ±0,0032	-0,2325 ±0,0032	-0,2490 ±0,0035	-0,2595 ±0,0036
2014	-0,1887 ±0,0024	-0,2025 ±0,0025	-0,1812 ±0,0023	-0,2270 ±0,0028	-0,2261 ±0,0028
2015	-0,2020 ±0,0023	-0,2158 ±0,0024	-0,1961 ±0,0023	-0,2425 ±0,0028	-0,2511 ±0,0029
2016	-0,2165 ±0,0024	-0,2338 ±0,0026	-0,2067 ±0,0023	-0,2509 ±0,0029	-0,2529 ±0,0029
2017	-0,2383 ±0,0026	-0,2462 ±0,0027	-0,2265 ±0,0025	-0,2482 ±0,0028	-0,2569 ±0,0029
2018	-0,2262 ±0,0026	-0,2384 ±0,0027	-0,2139 ±0,0024	-0,2457 ±0,0029	-0,2423 ±0,0027

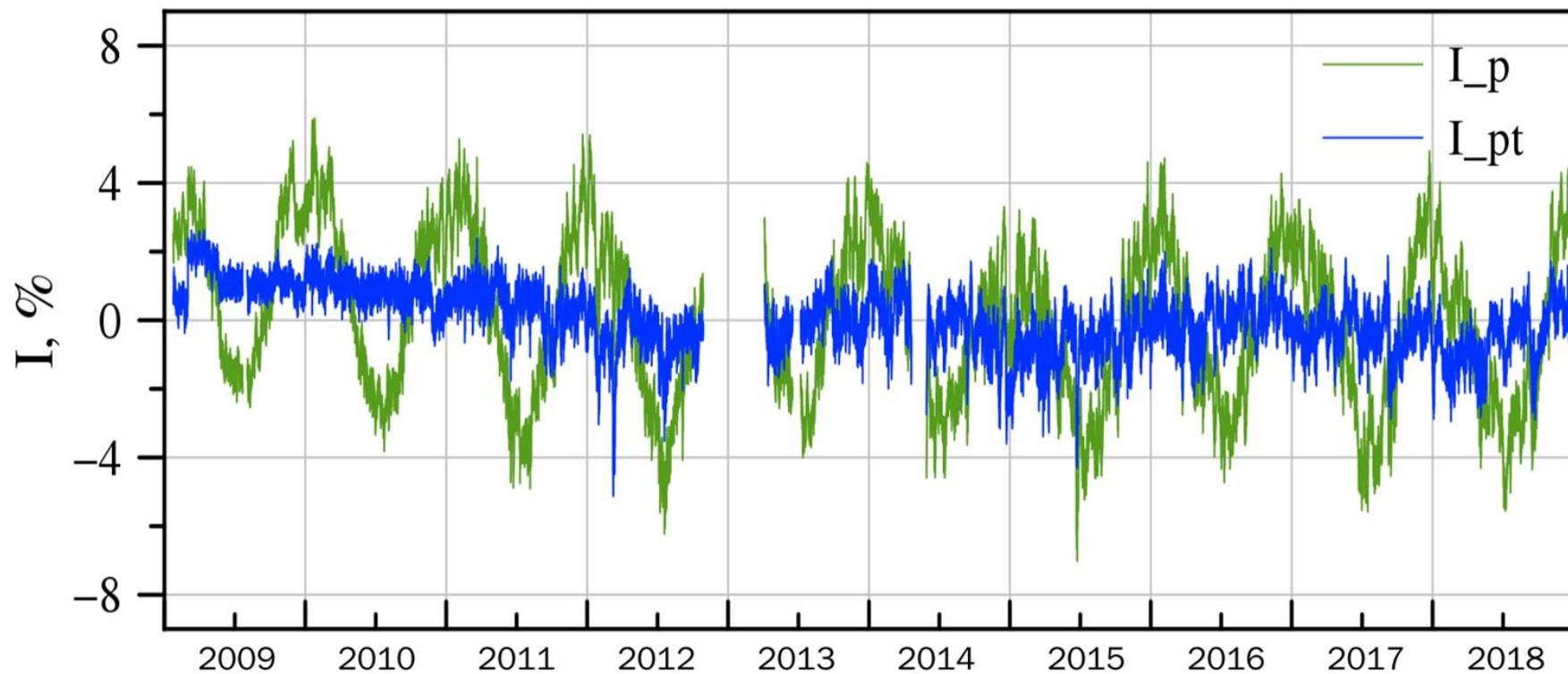


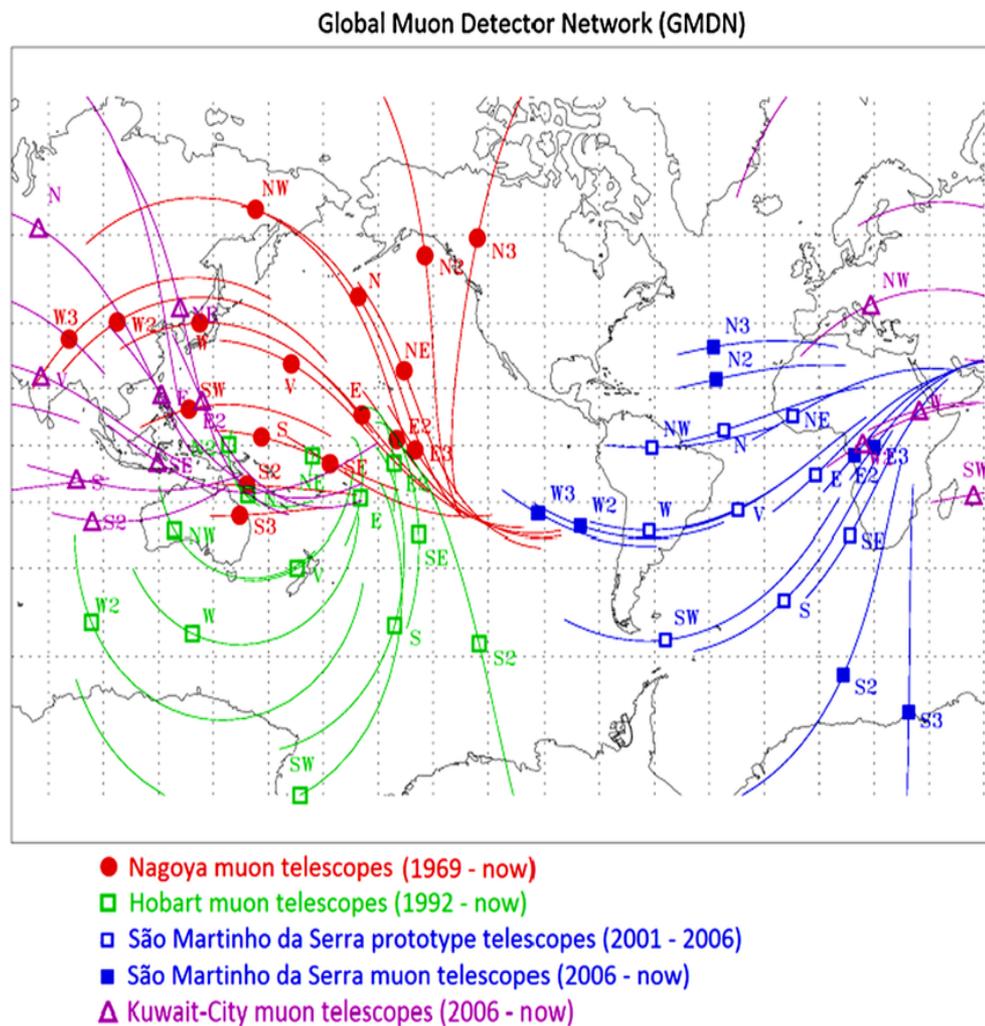
Рис.3. **Неисправленные ( $I_p$ )** и **исправленные ( $I_{pt}$ )** на температурный эффект данные регистрации Якутского спектрографа космических лучей МТ0 в направлении вертикаль за 2009-2018 гг.

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ, С ПОПРАВКОЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЭФФЕКТ, КОМПЛЕКСА МЮОННЫХ ТЕЛЕСКОПОВ ЯКУТСКОГО СПЕКТРОГРАФА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ.**

Создана база, исправленных на температурный эффект, данных мюонных телескопов на газоразрядных счетчиках Якутского спектрографа космических лучей за 2009-2018гг. Разработано сетевое приложение для интерактивного графического и цифрового представления данных. База данных доступна по адресу: <https://ikfia.ysn.ru/data/hecr/lab/mt>. Это позволяет видеть графически и получить цифровую информацию 1-час данных регистрации мюонных телескопов на всех 4-х уровнях регистрации по направлениям Вертикаль, N30<sup>0</sup>, S30<sup>0</sup>, N60<sup>0</sup> и S60<sup>0</sup> за выбранный период.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭФФЕКТА В МЕТОДЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СЪЕМКИ

Для использования в новом методе глобальной съемки на основе данных вторичной мюонной компоненты космических лучей [Григорьев и др..2019], введены температурные поправки к данным сети мюонных телескопов GMDN [<http://cosray.shinshu-u.ac.jp/crest/db/public/archives/gmdn.php>] за 2012-2018 гг. <http://ysn.ru/smt/GMDN-T>.



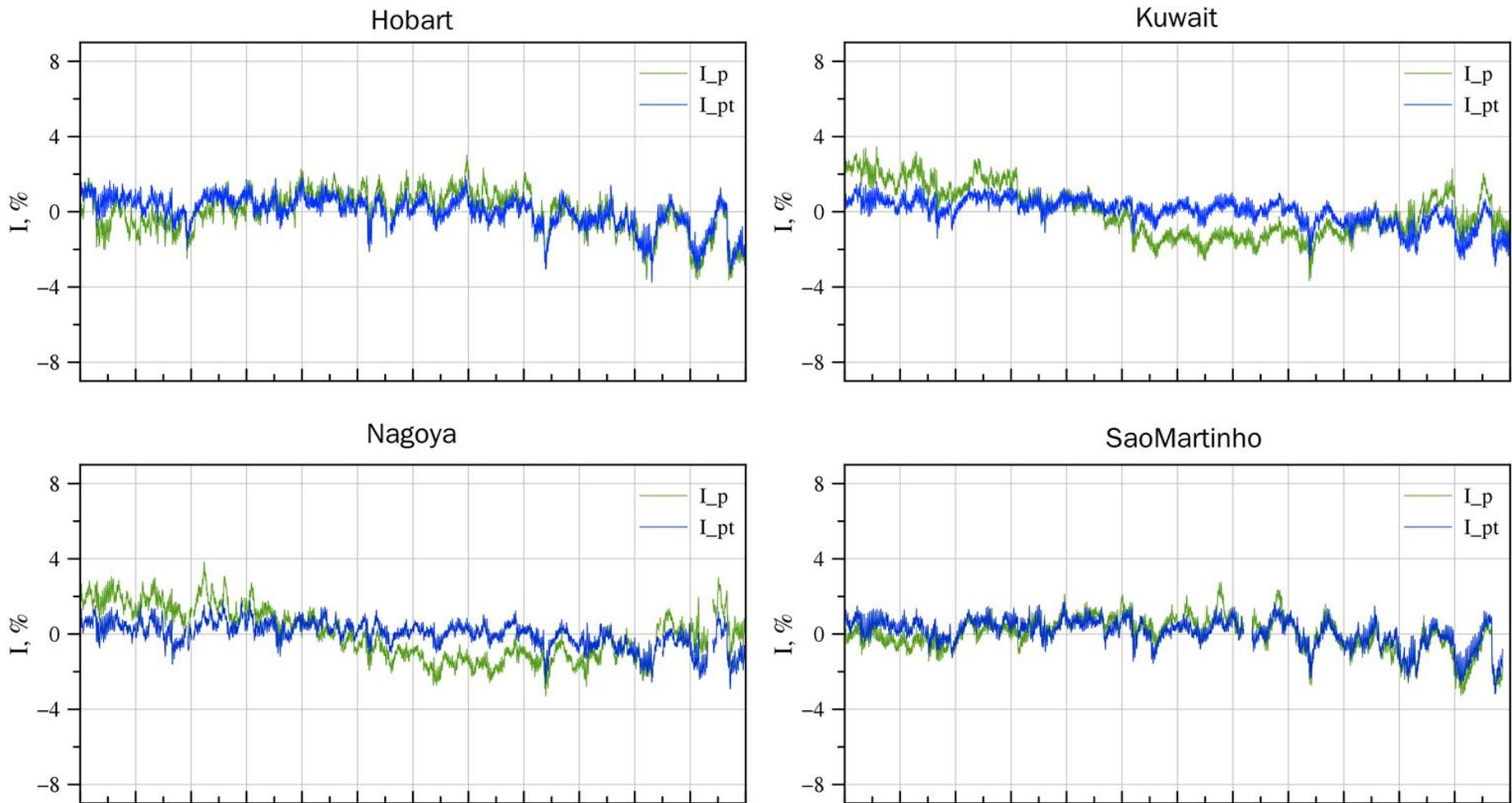


Рис.4. Неисправленные ( $I_p$ ) и исправленные ( $I_{pt}$ ) на температурный эффект данные регистрации станций мюонных телескопов станций Hobart, Kuwait, Nagoya и SaoMartinho в направлении вертикаль за 2014 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Реализована методика, позволяющая исключать температурный эффект в данных регистрации мюонов на Якутском спектрографе космических лучей и глобальной сети мюонных детекторов (GMDN).

2. Создана база, с исправленными на температурный эффект данными мюонных телескопов Якутского спектрографа космических лучей за 2009-2018гг., которая доступна для всех заинтересованных пользователей в сети Интернет по адресу: <https://ikfia.ysn.ru/data/hecrlab/mt>. Введены температурные поправки к данным глобальной сети мюонных телескопов GMDN за 2012-2018гг. [<http://ysn.ru/smt/GMDN-T>].