

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра ядерной физики

Карапетян Аразат Татулович

БАРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ УСТАНОВОК АРАГАЦСКОГО

ЦЕНТРА

ИССЛЕДОВАНИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Дипломная работа

Ереван 2002

Оглавление

Введение.	3
Глава 1. Вариации космических лучей и общая постановка задачи.	
1.1.Краткая классификация вариаций космических лучей.	4
2.Глава 2. Краткое описание установок арагацкого центра исследований космических лучей.	8
2.1.Нейтронный монитор.	10
2.2.Солнечный нейтронный телескоп.	13
2.3.Подземный мюонный телескоп.	15
3.Глава 3. Барометрический коэффициент для установок арагацкого центра исследований космических лучей.	17
3.1. Устройство для непрерывной регистрации атмосферного давления.	17
3.1.1. Калибровка датчика давления.	18
3.2. Методика определения барометрического коэффициента.	20
3.3. Барометрический коэффициент для нейтронного монитора.	23
3.4. Барометрический коэффициент для солнечного нейтронного телескопа.	25
3.5. Барометрический коэффициент для подземного мюонного телескопа.	29
Заключение.	31
Литература	32

Введение

Энергетический спектр и ядерный состав космических лучей не постоянны в пространстве и во времени. Прежде всего свойства космических лучей существенно меняются с приближением к звездам и в зависимости от положения в Галактике. Например, с приближением к Солнцу интенсивность галактических космических лучей существенно падает. Интенсивность космических лучей заметно меняется во времени – имеют место различного типа временные вариации энергетического спектра и ядерного состава.

Первичные космические лучи прежде чем попасть на земную поверхность, проходят через большой слой воздуха, который эквивалентен почти 15 ядерным пробегам. Вопросы прохождения космических лучей через земную атмосферу имеют большое значение в физике вариаций космических лучей прежде всего для определения метеорологических эффектов различных вторичных компонент космических лучей, а следовательно адекватного определения вариаций другого происхождения. Метеорологические эффекты определяются изменением интегральной кратности генерации вторичных компонент в атмосфере, обусловленным вариациями температуры и давления, что приводит к изменению условий генерации и прохождения частиц через атмосферу.

Общей целью настоящей работы является определение барометрических коэффициентов для установок арагацкого центра исследований космических лучей. Актуальность поставленной задачи определяется не только необходимостью изучения метеорологических эффектов космических лучей, но и обусловлена тем обстоятельством, что различные конкретные установки имеют различные чувствительности к изменениям атмосферного давления.

Глава 1. Вариации космических лучей и общая постановка задачи

1.1. Краткая классификация вариаций космических лучей.

Следуя работе [1] вариации космических лучей можно условно разделить на две части: земного происхождения и внеземного происхождения. Краткая классификация вариаций космических лучей приведена в таблице 1.1.

Для понимания природы наблюдаемых вариаций запишем выражение для наблюдаемой интенсивности космических лучей в пункте с жесткостью геомагнитного обрезания R_c .

$$I(h_0) = \int_{R_c}^{\infty} D(R) m(R, h_0) dR \quad (1),$$

здесь $I(h_0)$ – интенсивность космических лучей в пункте с давлением h_0 ; $m(R, h_0)$ – интегральная кратность (т.е. количество зарегистрированных частиц от одной первичной частицы с жесткостью R); $D(R)$ – дифференциальный спектр первичного космического излучения по жесткостям.

Продифференцировав выражение (1) по $m(R, h_0)$, R и $D(R)$ и разделив, чтобы получить относительную ошибку, обе части на $I(h_0)$ получим [2]

$$\frac{\delta I(h_0)}{I(h_0)} = \int_{R_c}^{\infty} \frac{\delta m(R, h_0)}{m(R, h_0)} W(R, h_0) dR - \delta R_c W(R_c, h_0) - \int_{R_c}^{\infty} \frac{\delta D(R)}{D(R)} W(R, h_0) \quad (2)$$

где $W(R, h_0) = \frac{m(R, h_0) D(R)}{I(h_0)}$ – есть коэффициент связи между первичной компонентой космических лучей и вторичной.

Из полученного выражения видно, что вариации космических лучей обусловлены изменением интегральной кратности (первый член в выражении (2)), изменением жесткости

порога геомагнитного обрезания (второй член в выражении (2)) и изменением первичного спектра космического излучения.

Как видно из таблицы 1 к земным вариациям относятся два класса: вариации атмосферного происхождения и вариации геомагнитного происхождения. Исследования этих классов вариаций важно для понимания сложных процессов, сопровождающих прохождение высокоэнергетичных частиц через земную атмосферу, а также для изучения процессов в магнитосфере Земли. Кроме того тщательное их изучение позволяет надежно определять соответствующие доли в наблюдаемых вариациях, за которые ответственны земные причины. Это в свою очередь позволяет находить внеземные вариации космических лучей.

Если из данных наблюдений исключить вариации I и II классов, то оставшиеся вариации III класса связаны с первичными вариациями за границей атмосферы. Вариации III класса можно в свою очередь разделить на три подкласса, каждый из которых представляет большой интерес для изучения электромагнитных свойств процессов в межпланетной среде, на Солнце и в Галактике.

Большой интерес представляют вариации IIIа – модуляционные эффекты космических лучей, приходящих в солнечную систему из Галактики; они характеризуют изменение электромагнитных условий в межпланетном пространстве как вдали от Земли, так и в околоземном космическом пространстве.

Вариациям класса IIIб уделяется огромное внимание не только потому, что их изучение позволяет получить исключительно важную информацию о глубинных процессах происходящих на Солнце, но и также потому, что генерация быстрых частиц на Солнце представляет большую опасность для космических полетов. Изучение этих вариаций имеет существенное значение для возможного предсказания космической погоды.

Вариации класса Шв имеют важное значение не только для оценки напряженности и структуры магнитных полей в галактике, но и для определения времени жизни частиц различной энергии в Галактике, что в свою очередь позволяет более точно оценить энергию, передаваемую источниками (по-видимому, сверхновыми звездами) в космические лучи.

Основной задачей данной работы является определение барометрических коэффициентов для конкретных установок, что позволяет вводить соответствующие поправки в данные и более точно выделять вариации иного происхождения.

Класс	Тип вариаций	Наблюдаемая амплитуда			Природа вариаций
		Мезонная компонента	Нейтронная компонента	В стратосфере и за границей атмосферы	
Земные вариации	I Изменение интегральной кратности	5	1	-	Изменение поглощения и распада частиц в земной атмосфере в связи с изменением метеорологических условий
		0.1 -0.2	-	-	
	II Изменение геомагнитного порога обрезаия	0.1 -0.2	0.02 0.7	-	Влияние вариаций геомагнитного поля на траектории частиц и порог обрезаия
		0.1 -0.2			
Внеземные вариации	IIIa Модуляционные эффекты, связанные с Солнечной активностью	6	30	>100	Модуляция солнечным ветром Асимметрия солнечного ветра Спиральность ММП Расcеяние к.л. магнитными полями и ударными волнами Ускорение к.л. фронтами ударных волн
		0.5 0.2 – 0.3 10	1-2 0.5 30	10 2 50	
	IIIб Генерация быстрых частиц на Солнце	400	5000	В тысячи раз	Генерация быстрых частиц хромосферными вспышками на Солнце
		0.1 -0.2	1	В десятки и сотни раз	
	IIIв Внесолнечные вариации	0.1% при сотнях Гэв, 0.1-1.0% для сверхвысоких энергий, по данным ШАЛ			Диффузия к.л. из Галактики Вспышки сверхновых на расстоянии <10 пс от солнечной системы
		В десятки раз	В сотни раз	В тысячи раз	

Таблица 1.1

2.Глава 2. Краткое описание установок арагацкого центра

исследований космических лучей.

Арагацкий центр по исследованию космических лучей состоит из двух высокогорных станций, расположенных на горе Арагац на высотах 3200 и 2000 метров над уровнем моря.

Географические координаты : 40°30'N, 44°10'E; жесткость геомагнитного обрезания 7.6 Гв.

На этих двух станциях в настоящий момент в режиме реального времени непрерывно работают два нейтронных монитора 18-NM-64, а также солнечный нейтронный телескоп (SNT). Данные этих установок каждую минуту посылаются в Internet <http://crdlx5.yerphi.am>

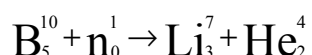
. На высокогорных станциях имеются также другие установки для мониторинга космических лучей. Их список приведен в таблице 2.

Установка	Высота, <i>m</i>	Поверхн ость, <i>m²</i>	Порог, <i>MeV</i>	Работает с, год	Скорость счета, (<i>min⁻¹</i>)
Нор -Амберд N M (18-NM-64)	2000	18	50	1996	2.7×10^4
Арагац NM (18-NM-64)	3200	18	50	2000	6.6×10^4
SNT-1	3200	4	50,100,150, 200	1998	6.7×10^4
SNT-2*	3200	4	50,100,150, 200		3.0×10^4
Нор – Амберд Мюонный Телескоп	2000	12.6	25		6.0×10^4
Арагацкий мюонный телескоп*	3200	90	5000	2002- Частично	3×10^5
Арагацкий э лектонный монитор*	3200	25	10		10^6
*- в процессе создания					

Нейтронные мониторы являются частью мировой сети нейтронных мониторов, размещенных по всему земному шару. А солнечный телескоп входит в состав мировой сети солнечных нейтронных телескопов.

2.1. Нейтронный монитор.

На протяжении почти пятидесяти лет нейтронный монитор продолжает оставаться наиболее точным, надежным и самым распространенным прибором для регистрации вариаций нейтронной компоненты космических лучей. Нейтроны регистрируются с помощью пропорциональных счетчиков, наполненных трехфтористым бором, обогащенным изотопом B^{10} , взаимодействие которого с нейтронами приводит к реакции



В результате этой реакции освобождается энергия около 2.5 Мэв, причем на долю α – частицы приходится около 1.6 Мэв, а на долю ядра лития – 0.9 Мэв. Важно отметить, что, поскольку на каждый акт регистрации расходуется лишь по одному ядру изотопа бора, срок службы счетчика практически бесконечен. Поскольку сечение захвата нейтрона ядром нейтрона в широком диапазоне энергий обратно пропорционально их скорости и достигает максимального значения для тепловых нейтронов, необходимо окружить счетчик замедлителем. В нейтронном мониторе счетчик помещен в полиэтиленовую трубу толщиной 2 см, которая используется в качестве замедлителя нейтронов.

Для того, чтобы нейтронный счетчик не реагировал на изменения образования быстрых частиц в окружающем пространстве вблизи детектора, вызываемые передвижениями предметов, снегопадом дождем и т.п., а также увеличения эффективности детектора используется метод локальной генерации нейтронов [3]. Смысл метода заключается в окружении счетчика веществом с большим атомным номером. В таком случае регистрируемые нейтроны возникают не в воздухе а не в окружающих предметах, а при местных ядерных расщеплениях в веществе, в которое помещаются счетчики с BF_3 .

Генерация нейтронов в веществе возрастает с возрастанием его атомного веса. Отношение нейтронной множественности (среднее число нейтронов, испускаемых при ядерном расщеплении малой энергии) в свинце к множественности в графите – около 8:1. Поэтому использование в качестве конденсирующих веществ материалов с большим атомным номером может существенно уменьшить и практически свести на нет долю нейтронов образовавшихся и замедлившихся в атмосфере и окружающих предметах. Кроме того, скорость счета будут существенно выше.

Детектор такого типа, т.е. использующий метод локальной генерации нейтронов, получил название нейтронного монитора. Схематическое устройство одной из трех секций б - счетчикового нейтронного супермонитора показано на рис.1. Снаружи каждая секция покрыта слоем полиэтилена толщиной 8см для уменьшения потока нейтронов, замедлившихся в атмосфере и окружающих предметах. Нейтронные счетчики BF_3 помещены в полиэтиленовые трубы толщиной 2 см , для замедления нейтронов до тепловых энергий, и в свою очередь окружены свинцовыми трубами толщиной 5 см , для локальной генерации нейтронов.

2.2. Солнечный нейтронный телескоп.

Солнечный нейтронный монитор (SNT-1) на высокогорной станции Арагац (3200 м над уровнем моря) является частью мировой сети координируемой лабораторией солнечной – земной физики Нагойского университета (Япония). Он состоит из четырех по одному квадратному метру сцинтилляторов толщиной 60 см, оснащенных антисовпадательной системой и тсекающей заряженную компоненту вблизи вертикального направления.

Существенным отличием от нейтронного монитора является то обстоятельство, что солнечный нейтронный телескоп с помощью солнечного нейтронного телескопа можно оценивать энергию частиц. Солнечный нейтронный телескоп имеет 4 порога дискриминации по энергии 50, 100, 150 и 200 Мэв. Данные в реальном масштабе времени доступны в Internet – те <http://crdlx5.yerphi.am/solar.html>. В настоящее время модернизированный вариант солнечного нейтронного телескопа (SNT - 2) находится в стадии запуска. Его схематическое изображение приведено на рис.2. В последнем случае антисовпадательная система окружает весь сцинтилляционный детектор, что позволяет отсеять весь поток заряженных частиц а также измерять вариации нейтральной и заряженной компонент отдельно.

Для увеличения эффективности регистрации потока частиц от Солнца весь прибор наклонен на угол равный широте места наблюдения. Применение солнечный нейтронного телескопа позволит регистрировать возможный поток нейтронов различных энергий генерированных непосредственно на Солнце, что является весьма существенным для понимания процессов генерации , ускорения частиц на Солнце и распространения в межпланетном пространстве.

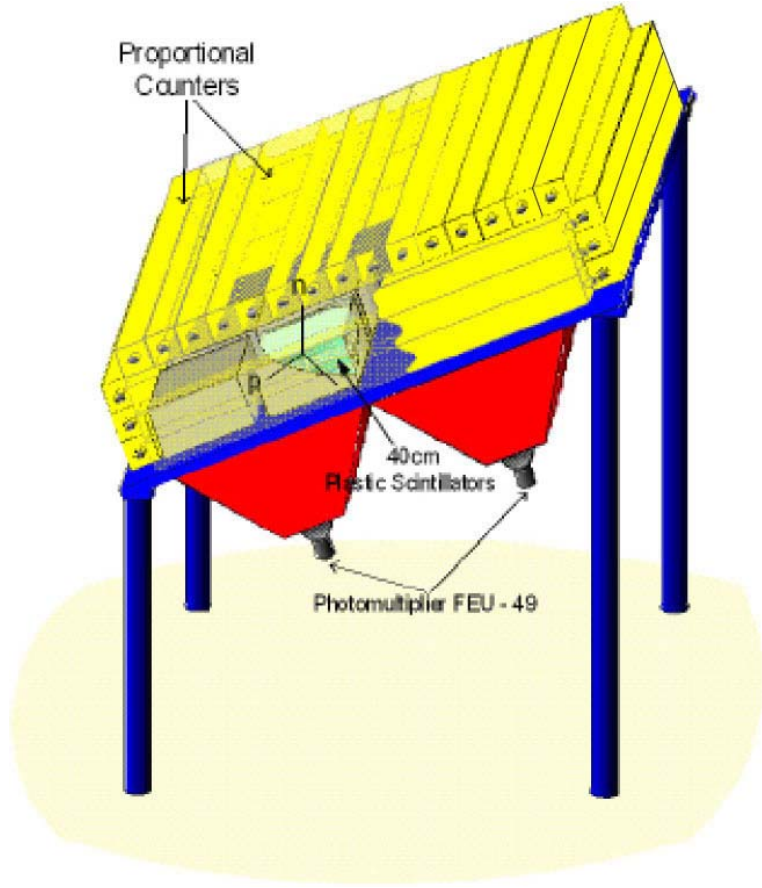


Рис. 2

2.3. Подземный мюонный телескоп

2.3. Подземный мюонный телескоп расположен в зале построенном для эксперимента АНИ и использует часть из 150 сцинтилляторов, предназначенных для измерения потоков мюонов в широких атмосферных ливнях. Поглощение в 5 – метрах бетона и 7 – метрах грунта над установкой препятствует проникновению электронов и малоэнергичных мюонов в сцинтилляционные детекторы. Порог регистрации мюонных детекторов определялся в специальном эксперименте и составил ~ 5 Гэв. Площадь подземного мюонного телескопа составляет 90 м^2 . Схематическое изображение подземного мюонного телескопа приведено на рис.3. Как видно из рисунка, наличие дополнительных 4-ех м^2 детекторов над сцинтилляционным ковром на высоте 14 метров позволяет определять направление приходящих мюонов. Точность определения угла прихода частиц $\sim 5^\circ$ в пределах примерно 60° от вертикали. Принимая во внимание высокий энергетический порог регистрации мюонов (в первичном спектре > 50 Гэв) и большую площадь используемых детекторов, при стабильной работе установки можно получать не только данные о текущих вариациях космических лучей, но и об их анизотропии. Поскольку подземный мюонный телескоп регистрирует мюонную компоненту высоких энергий представляет интерес использование данных подземного мюонного телескопа вместе с данными других приборов для определения температурного разреза атмосферы.

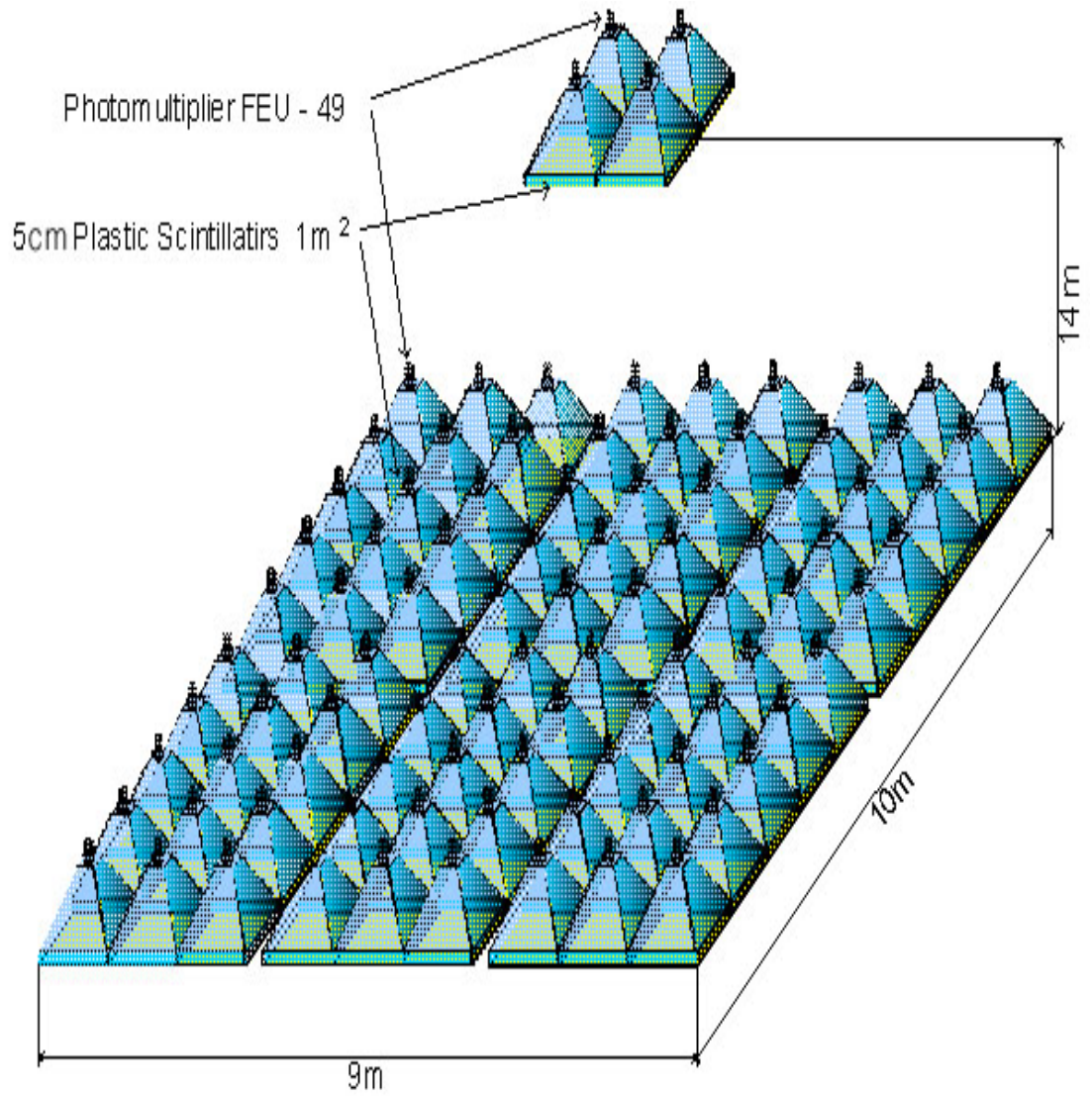


Рис.3

3.Глава 3. Барометрический коэффициент для установок арагацкого центра исследований космических лучей.

3.1. Устройство для непрерывной регистрации атмосферного давления.

Для автоматической и непрерывной регистрации атмосферного давления используется специальный прибор , созданный на основе барографа и работающий на принципе преобразования емкости плоского конденсатора в частоту. К сильфону, реагирующему на изменение атмосферного давления механически прикреплена одна из пластин плоского конденсатора, являющегося частью генератора, вырабатывающего импульсы в стандарте TTL. Таким образом, значение атмосферного давления преобразуется в частоту. Вся механическая часть собрана на термостабилизированной платформе.

Импульсы с датчика давления поступают на регистрирующее устройство. После регистрации за определенный период времени частота пересчитывается в давление в миллибарах. Для этого необходимо знать постоянные прибора, т.е. произвести его калибровку. Методика калибровки и ее результаты приведены в следующем разделе.

3.1.1. Калибровка датчика давления.

Датчик давления непрерывно измеряет атмосферное давление и выдает на регистратор некоторое количество импульсов пропорциональное давлению. Однако, для дальнейшей обработки данных нейтронного монитора и введения барометрических поправок необходимо знать истинное значение атмосферного давления. С этой целью, а также для определения линейности рабочей характеристики и точности датчика давления была произведена его калибровка. Блок – схема проведения калибровки приведена на рис.

4.

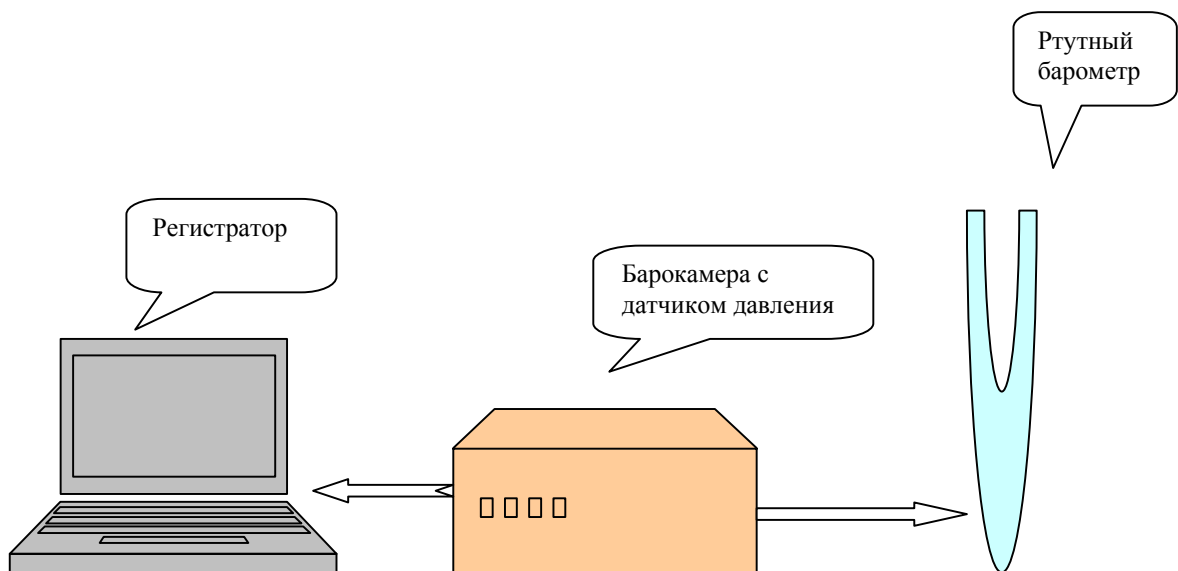


Рис.4

Датчик давления был помещен в барокамеру, где давление изменялось от среднего значения ± 20 мб. Выход бародатчика соединен с регистрирующим устройством, которое считало количество импульсов при каждом значении давления в барокамере. Выход барокамеры соединен с поверочным ртутным барометром, который измеряет давление с большой точностью ± 0.5 мб, у учетом температурной поправки.

Результаты измерений приведены на рис.5

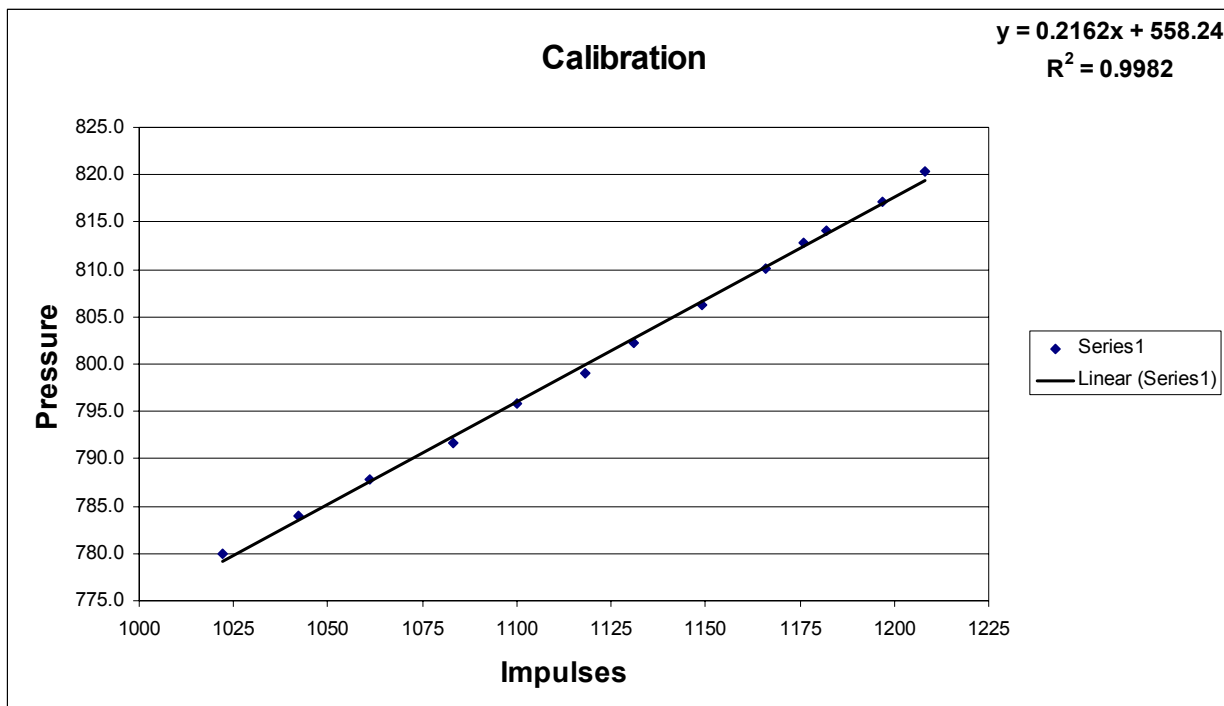


Рис.5

По оси ординат отложено значение давления в мб, а по оси абсцисс количество импульсов, выдаваемое датчиком давления. Полученные данные аппроксимировались линейной функцией $P = ax + b$, методом наименьших квадратов. Таким образом, давление P определяется следующим образом

$$P = 0.2162x + 558.24,$$

где x- количество импульсов.

Точность определения коэффициента $a : a \pm 0.0028$. Как видно из рис.5 прибор обладает очень хорошей линейностью по крайней мере в пределах проведенных измерений при давлениях 800 ± 20 мб, соответственно коэффициент корреляции $R=0.999$.

3.2. Методика определения барометрического коэффициента.

Для определения барометрических коэффициентов для установок Арагацкого центра исследований космических лучей использовалась следующая методика. Изменение интенсивности I любой вторичной компоненты космических лучей при малом изменении давления на уровне наблюдения h_0 может быть представлено выражением

$$dI = -\mu dh_0 \quad (3.2.1)$$

где μ - коэффициент поглощения данной компоненты.

Из выражения (3.2.1) следует, что если I_{h_0} интенсивность космических лучей при давлении h_0 , то

$$\ln I - \ln I_{h_0} = -\mu (h - h_0) \quad (3.2.2)$$

или

$$I = I_{h_0} e^{-\mu (h - h_0)} \quad (3.2.3)$$

Эмпирически величина барометрического коэффициента находится путем линейной корреляции между данными интенсивности космических лучей I_i и данными барометрического давления P_i [4]:

$$\beta = r \cdot \sigma_i / \sigma_p ,$$

где β - барометрический коэффициент вторичной компоненты;

$$\sigma_i^2 = \sum_{i=1}^N (I_i - I_c)^2 / N ;$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N (P_i - P_c)^2 / N ;$$

$$I_c = \sum_{i=1}^N I_i / N ;$$

$$P_c = \sum_{i=1}^N P_i / N ;$$

$$r = \sum_{i=1}^N (I_i - I_c)(P_i - P_c) / \sigma_i \sigma_p N .$$

Где индекс c означает среднее.

Ошибка в определении β

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \pm \frac{1}{r} \sqrt{\frac{1-r^2}{N-3}}$$

При этом экспериментальное определение барометрического коэффициента нейтронной компоненты проводится путем линейной корреляции методом наименьших квадратов логарифма интенсивности с барометрическим давлением [5].

Надежность определения барометрического коэффициента в значительной степени определяется тщательностью отбора первичных данных. В частности, следует учитывать следующие обстоятельства:

- а) при определении барометрического коэффициента желательно использовать данные в невозмущенные периоды;
- б) данные следует приводить к среднему значению барометрического давления на данной станции.

Надежное определение барометрического коэффициента затрудняется тем, что на вариации космических лучей атмосферного происхождения накладываются вариации, создаваемые первичным излучением и геомагнитным полем. Эти вариации могут находиться в случайной корреляционной связи с изменением барометрического давления. В то же время из вышеприведенных формул следует, что корректное определение барометрического коэффициента возможно лишь в случае, когда наблюдаемые изменения

интенсивности полностью обусловлены вариациями атмосферного давления. Практически такая ситуация возникает нечасто, что требует критического подхода к отбору данных.

3.3. Барометрический коэффициент для нейтронного монитора.

Для определения значения барометрического коэффициента нейтронного монитора выбирались такие периоды времени, когда вариации внеатмосферного происхождения космических лучей были минимальны и наблюдалось достаточно сильное изменение барометрического давления. По методике изложенной выше проведена линейная корреляция между логарифмом отношения интенсивности космических лучей и разницы текущего значения барометрического давления методом наименьших квадратов. Результаты обработки данных приведены на рис. 6.

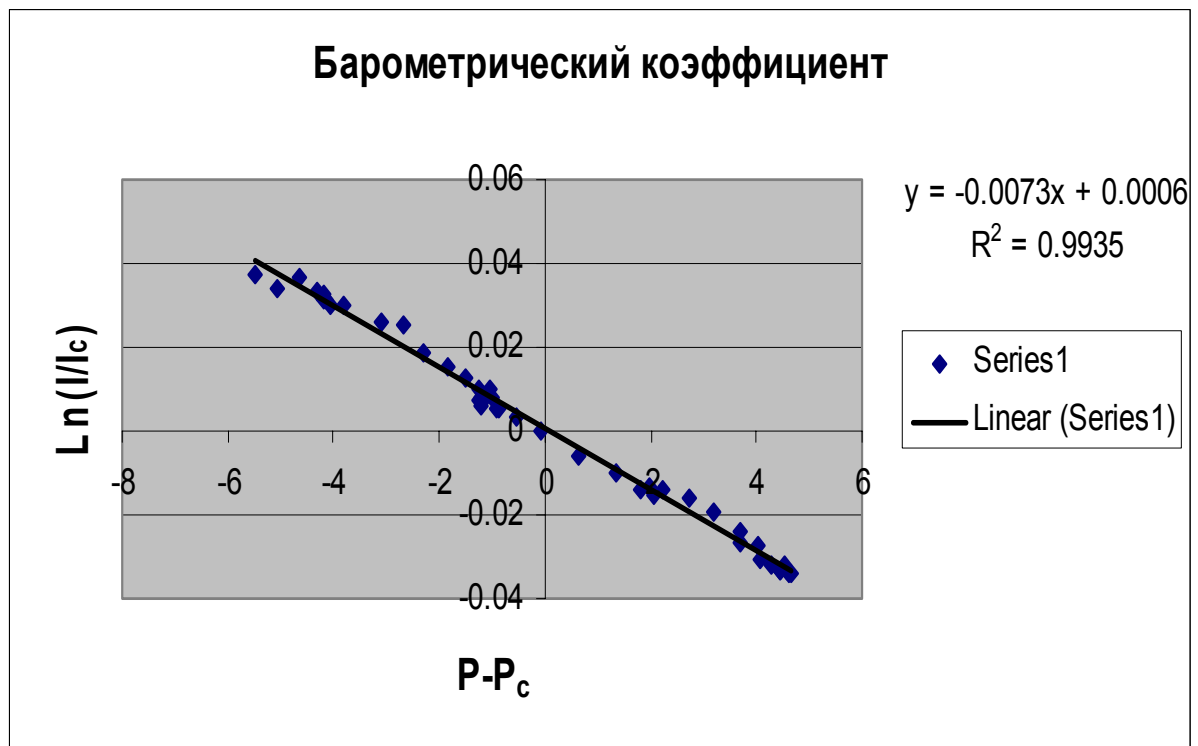


Рис.6

По оси ординат отложен логарифм отношения текущей интенсивности космических лучей к среднему значению интенсивности. По оси абсцисс – отношение текущего значения атмосферного давления к среднему значению давления. Как видно из рисунка наблюдается хорошая корреляционная связь между интенсивностью космических лучей и

барометрическим давлением. Коэффициент корреляции равен -0.997 , а сам барометрический коэффициент равен -0.734 %/мб. Ошибка в определении барометрического коэффициента равна ± 0.009 . Сравнение с барометрическими коэффициентами для других высокогорных станций, расположенных примерно на той же широте показывает хорошее согласие [3].

3.4. Барометрический коэффициент для солнечного нейтронного телескопа.

Для определения значения барометрического коэффициента солнечного нейтронного телескопа выбирались такие периоды времени, когда вариации внеатмосферного происхождения космических лучей были минимальны и наблюдалось достаточно сильное изменение барометрического давления. В частности использовались данные с 10 по 12 января 2002 г. По методике изложенной выше проведена линейная корреляция между логарифмом отношения интенсивности космических лучей и разницы текущего значения барометрического давления методом наименьших квадратов. Результаты обработки данных для порога 50 Мэв приведены на рис. 7.

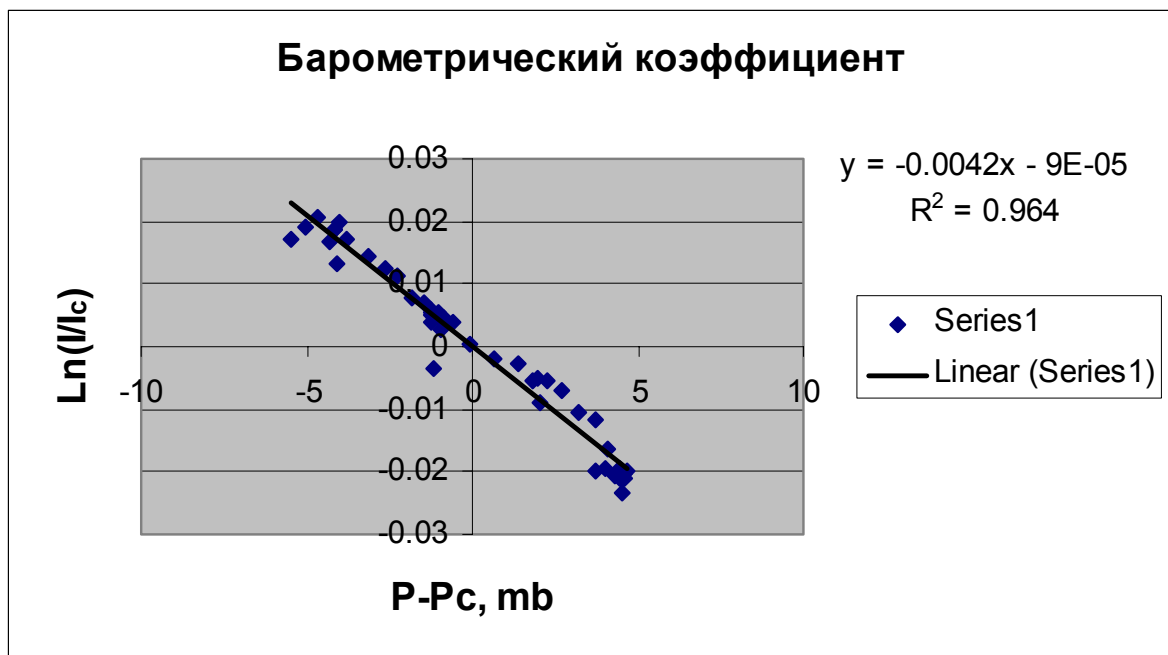


Рис.7.

По оси ординат отложен логарифм отношения текущей интенсивности космических лучей к среднему значению интенсивности. По оси абсцисс – отношение текущего значения атмосферного давления к среднему значению давления. Как видно из рисунка наблюдается хорошая корреляционная связь между интенсивностью космических лучей и

барометрическим давлением. Коэффициент корреляции равен – 0.97, а сам барометрический коэффициент равен – 0.42 %/мб. Ошибка в определении барометрического коэффициента равна ± 0.012 .

Результаты обработки данных для порога 100 Мэв приведены на рис. 8.

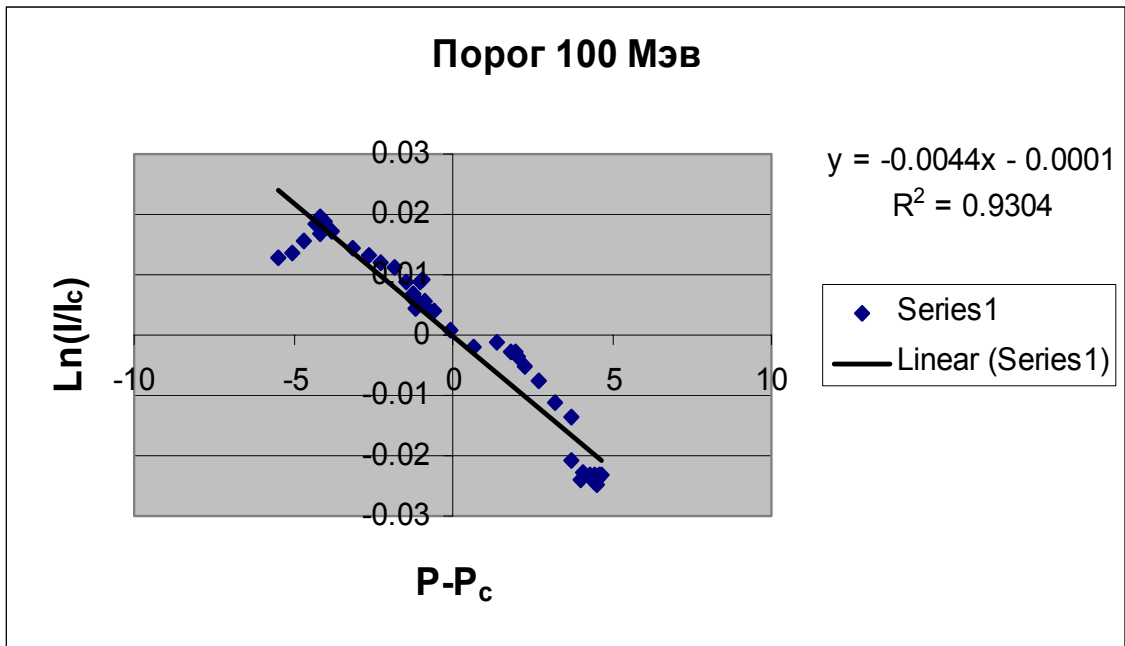


Рис.8.

Как видно из рисунка наблюдается хорошая корреляционная связь между интенсивностью космических лучей и барометрическим давлением. Коэффициент корреляции равен – 0.93, а сам барометрический коэффициент равен – 0.44 %/мб. Ошибка в определении барометрического коэффициента равна ± 0.018 .

Результаты обработки данных для порога 150 Мэв приведены на рис. 9.

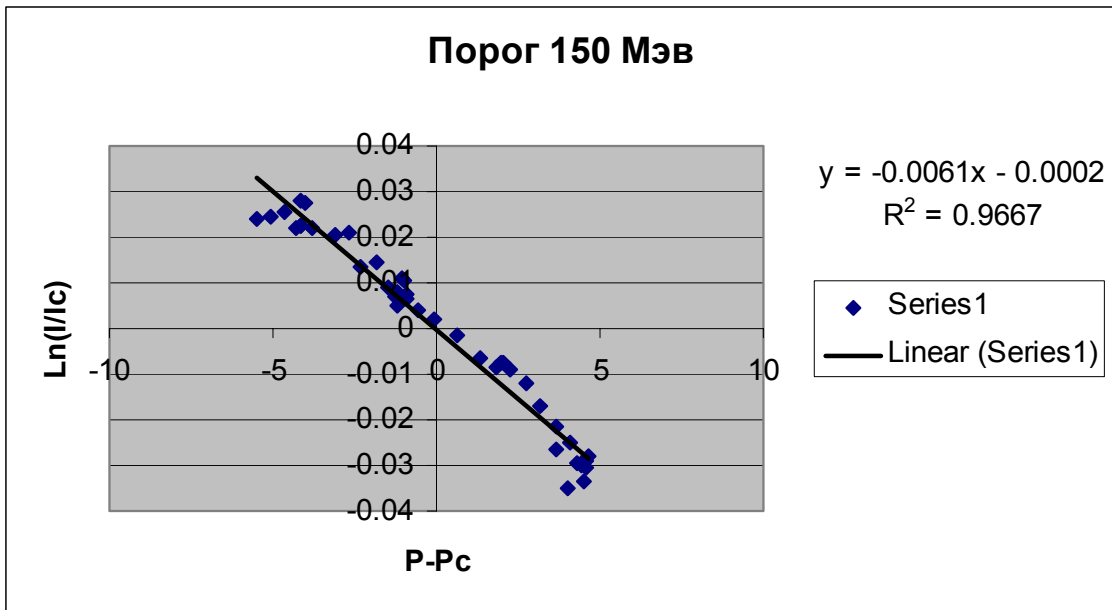


Рис.9.

Как видно из рисунка наблюдается хорошая корреляционная связь между интенсивностью космических лучей и барометрическим давлением. Коэффициент корреляции равен -0.97 , а сам барометрический коэффициент равен $-0.61 \text{ \%}/\text{мб}$. Ошибка в определении барометрического коэффициента равна ± 0.017 .

Результаты обработки данных для порога 150 Мэв приведены на рис. 10.

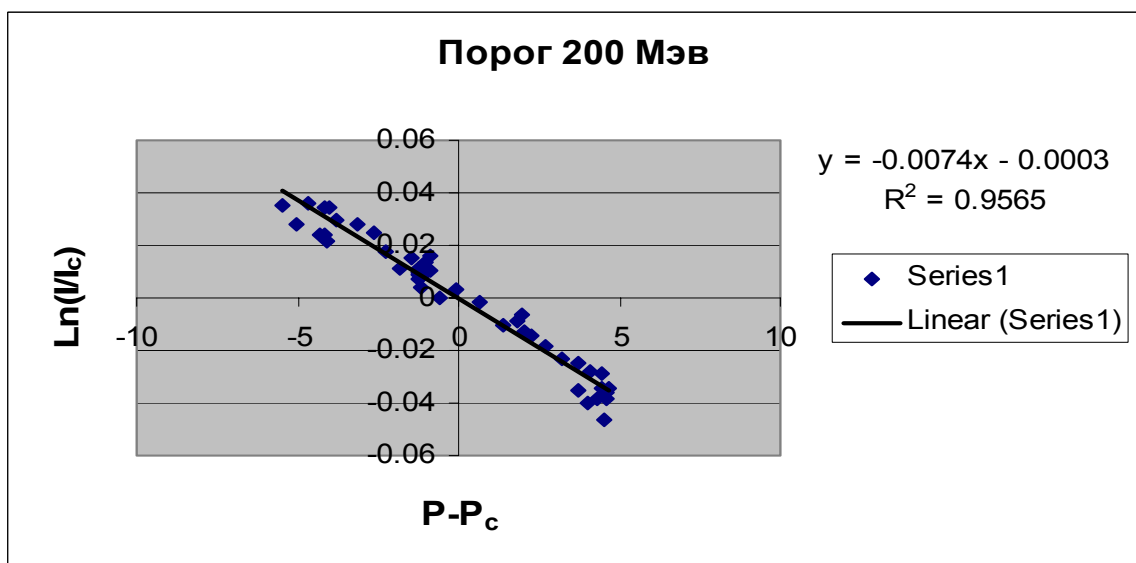


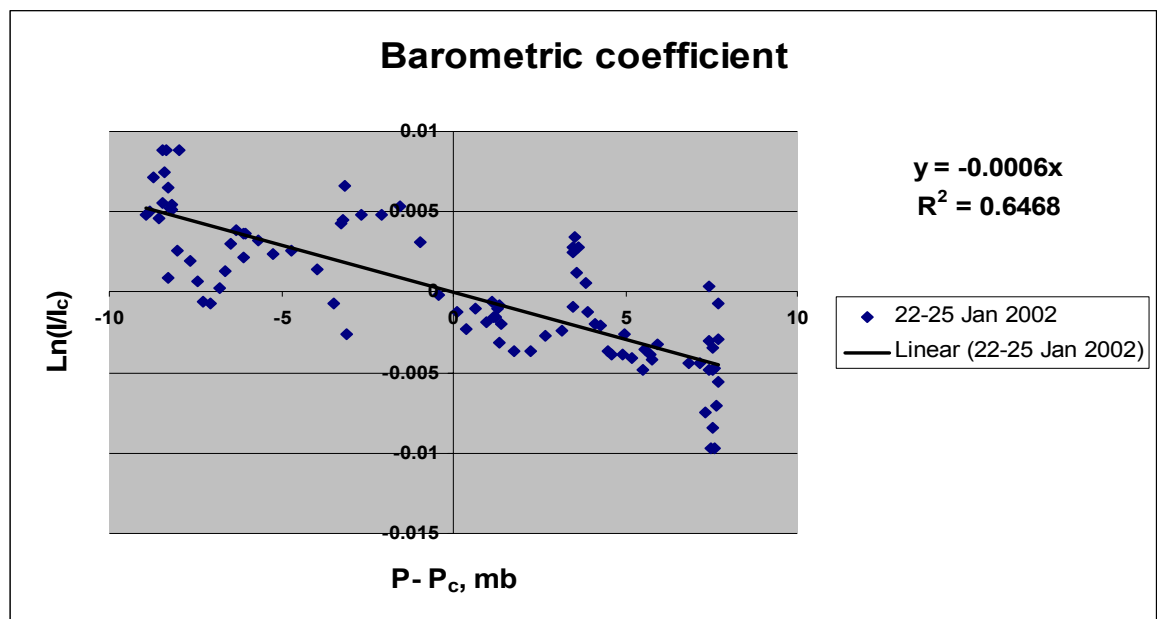
Рис.10.

Как видно из рисунка наблюдается хорошая корреляционная связь между интенсивностью космических лучей и барометрическим давлением. Коэффициент корреляции равен -0.96 , а сам барометрический коэффициент равен $-0.74 \text{ \%}/\text{мб}$. Ошибка в определении барометрического коэффициента равна ± 0.024 .

Сравнение результатов определения барометрического коэффициента для ясолнечного нейтронного телескопа с данными других авторов, полученными для аналогичного телескопа расположенного на Тибете показывают хорошее согласие, за исключением порога 50 Мэв. По данным работы [6] барометрический коэффициент для порогов 50, 100, 150 и 200 Мэв равен соответственно 0.67, 0.47, 0.64 и 0.7 $\% / \text{мб}$. Различие в первом барометрическом коэффициенте, возможно, обусловлено тем обстоятельством, что Арагацский солнечный нейтронный монитор окружен антисовпадательной системой лишь сверху.

3.5. Барометрический коэффициент для подземного мюонного телескопа.

Для определения значения барометрического коэффициента подземного мюонного телескопа выбирались такие периоды времени, когда вариации внеатмосферного происхождения космических лучей были минимальны и наблюдалось достаточно сильное изменение барометрического давления. В частности использовались данные с 22 по 25 января 2002 г. По методике изложенной выше проведена линейная корреляция между логарифмом отношения интенсивности космических лучей и разницы текущего значения барометрического давления методом наименьших квадратов. Результаты обработки данных приведены на рис. 11.



По оси ординат отложен логарифм отношения текущей интенсивности космических лучей к среднему значению интенсивности. По оси абсцисс – отношение текущего значения атмосферного давления к среднему значению давления. Как видно из рисунка корреляционная связь между интенсивностью космических лучей и барометрическим давлением хуже, чем для нейтронного монитора и солнечного нейтронного телескопа.

Причиной этого может быть то обстоятельство, что подземный телескоп регистрирует мюонную компоненту космических лучей, а следовательно чувствителен к температурному разрезу атмосферы. Коэффициент корреляции равен -0.65 , а сам барометрический коэффициент равен -0.06 %/мб. Ошибка в определении барометрического коэффициента равна ± 0.00459 . Сравнение с барометрическими коэффициентами для других подземных установок, широте показывает хорошее согласие [7]. Также имеется хорошее согласие с расчетными данными [3].

Заключение.

В настоящей работе приведены результаты определения барометрического коэффициента для некоторых установок Арагацкого центра исследований космических лучей, а именно: нейтронного монитора, солнечного нейтронного телескопа и подземного мюонного телескопа. Полученные результаты приведены в таблице 3 .

Наименование установки	Барометрический коэффициент	Ошибка	Коэффициент корреляции
Нейтронный монитор	- 0.734 %/мб	± 0.009	0.997
Солнечный нейтронный телескоп			
Порог 50 МэВ	- 0.42 %/мб	$\pm 0.012.$	0.97
Порог 100 МэВ	- 0.44 %/мб	± 0.018	0.93
Порог 150 МэВ	- 0.61 %/мб	± 0.017	0.97
Порог 200 МэВ	- 0.74 %/мб	± 0.024	0.96
Подземный мюонный телескоп	- 0.06 %/мб	$\pm 4.59E-3$	0.65

Таблица 3.

Сравнение полученных результатов с расчетными данными и с данными других авторов показывают хорошее согласие. Результаты представлены на Европейский симпозиум по космическим лучам (Москва, 2002).

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Л.И.Дорман. Вариации галактических космических лучей. Издательство московского университета. 1975.
- 2.Дорман Л.И. “Изв. АН СССР”, сер. физ. **30**, №11, 1722-1737,1966.
- 3.Л.И.Дорман. Экспериментальные и теоретические основы астрофизики космических лучей. Изд – ство ”Наука”.1975.
- 4.Глокова Е.С., Дорман Л.И., Каминер Н.С. В кн.: Космические лучи , № 3. М., Изд – во АН СССР, 1960, с. 149.
5. Л.И.Дорман, И.А.Пименов, В.В.Сацук. Математическое обеспечение исследований геофизических закономерностей на примере космических лучей. Изд – во “ Наука ”, Москва, 1978.
- 6.Katayose, Yusaki et al. 26th ICRC, vol.6, p.58, 1999.
- 7.J.Gawia et al. 27th ICRC, vol.3,2001.