



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

P1-2000-266

И.М.Матора, Н.Г.Шакун, П.Т.Шишлянников

**ИНВЕРСИЯ СУММАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТОКА, ГЕНЕРИРУЕМОГО ПУЧКОМ ПЕРВИЧНЫХ
ЭНЕРГИЧНЫХ ПРОТОНОВ В СВИНЦЕ**

Направлено в журнал «Геомагнетизм и аэрономия»

2000

1. Условия, в которых выполнялись эксперименты

Параметры первичного протонного пучка, генерировавшего каскад вторичных электронов, фотонов и других частиц в материальной среде свинца, были теми же, что и в предыдущих измерениях направленности вторичных e^- , генерировавшихся в среде Al [1]. Облучаемая мишень состояла из нескольких изолированных слоев – коллекторов, имеющих №№ 1,2,3,4 от входа пучка, с граничными плоскостями, перпендикулярными ее оси. Суммарный электрический ток с коллекторов измерялся гальванометром постоянного тока типа М95 с минимальной ценой деления по току (на основном пределе) - 0,002 мкА. Первичные протоны (p^+) на входе в мишень имели энергию 655 МэВ, средний ток их пучка достигал 2 мкА, а размеры эллиптического контура поперечного сечения пучка по вертикали были ~6 см и по горизонтали - ~4 см.

Общий вид облучаемой мишени показан на рис. 1.

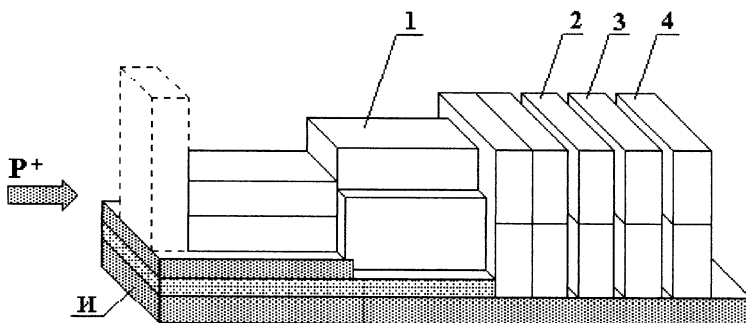


Рис. 1

Входное поперечное сечение слоя № 1 обычно было 10×10 см, а поперечное сечение выходных коллекторов - 20×20 см. Для уточнения пройденной пучком толщины свинца, при которой начинается инверсия, на входе мишени в некоторых экспериментах добавлялся набор свинцовых пластин толщиной 0,5 см и площадью 10×10 см в количестве до 10 штук или один свинцовый кирпич.

В разных экспериментах число коллекторов, с которых ток измерялся, изменялось от одного до трех. Вся мишень обычно состояла из стандартных свинцовых кирпичей объемом 20×10×5 см. В последних экспериментах число основных кирпичей достигало 17 (т.е. вес мишени был ~ 190 кг).

Установка мишени на выведенный из фазотрона пучок p^+ была возможна только на коротком (< 70 см длины) отрезке его тракта. При этом из-за того, что в конце этого отрезка угол стального магнитопровода одной из фокусирующих линз тракта находится на расстоянии ~5 см от оси пучка, ось симметрии мишени не совпадала с осью пучка. Она пересекала последнюю на входе пучка в мишень под углом ~ 0,1 радиана в горизонтальной плоскости. Коррекция положения мишени осуществлялась по автографам пучка на облученных фотопластинках.

2. Результаты измерений

Результаты четырех экспериментов, выполненных в апреле 1999 г., июне 1999 г., декабре 1999 г. и июне 2000 г., представлены в следующей таблице:

Дата эксперимента	№ экспозиции	I_{p^+} , мкА средний	Толщина мишени, см	№ слоя	Толщина слоя, см	I_{Σ} , мкА средний
апрель 99 г.	1	2	55	1	50	+0,630
				2	5	-0,002
июнь 99 г.	1	1	55	2	5	-0,003
	2	1	52,5	2	5	-0,004
	3	1	51,5	2	5	-0,003
декабрь 99 г.	1	1	47	2	15	+0,150
				3	5	+0,010
				2	15	+0,125
	2	0,8	50	3	5	+0,015
				2	15	+0,040
	3	0,8	55	3	5	-0,0005
июнь 2000 г.	1	2	65	2	5	+0,070
				3	5	0
				4	5	-0,003
	2	2	70	2	5	+0,052
				3	5	+0,002
				4	5	-0,004
				4	5	-0,004

В первом эксперименте была обнаружена инверсия суммарного электрического тока, генерируемого пучком первичных p^+ с указанными выше параметрами. При токе первичного пучка 2 мкА ток на входном слое (коллекторе № 1 толщиной 50 см) мишени составил +0,63 мкА, а на следующем за ним коллекторе № 2 толщиной 5 см он оказался отрицательным и был равен -0,002 мкА.

Следующие два эксперимента имели целью подтвердить явление инверсии и попытаться увеличить модуль отрицательного тока на выходном коллекторе с помощью увеличения площади поперечного сечения средних слоев мишени посредством добавления в них свинцовых кирпичей.

Во втором эксперименте толщина входного коллектора (№ 1) мишени устанавливалась равной 46,5; 47,5 и 50 см; причем для измерения тока использовался только один коллектор – № 2. Как видно из таблицы, инверсия тока наблюдалась в нем уже после прохождения первичными протонами в свинце 46,5 см (~ 1,5 пробега первичного протона с указанной выше энергией в Pb). Максимальный инвертированный ток наблюдался после прохождения первичными p^+ в Pb 47,5 см.

В третьем эксперименте измерения прошли в трех экспозициях с полной толщиной мишени 47 см, 50 см и 55 см. Толщина входного слоя 1 в нем менялась трижды - 27, 30 и 35 см. А для измерения тока использовались коллекторы № 2 толщиной 15 см и № 3 толщиной 5 см. Как видно из таблицы, отрицательный ток регистрировался только в третьей экспозиции и только на коллекторе № 3.

Необходимо подчеркнуть, что наличие под свинцовой мишенью слоя изолятора толщиной 4 см, в котором пробег первичных p^+ многократно превышает их пробег в свинце, наличие слева от нее угла магнитопровода линзы тракта пучка и отличие боковой поверхности мишени от идеального конуса создавали пути обхода середины мишени первичными p^+ и последующего их попадания на измеряющие суммарный ток слои-коллекторы. Заметная часть p^+ рассеивалась на начальных фрагментах мишени под углами, при которых p^+ вылетали в воздух или в изолятор. Протоны, проникшие в изолятор, имели возможность пройти сквозь него на один из коллекторов. А некоторые из p^+ ,

вышедших в воздух, достигали затем коллекторов или напрямую через воздух, или после рассеяния углом магнитопровода линзы. Это, естественно, занижало величину инвертированного тока и влияло на значение суммарной толщины свинца, при которой начинается его инверсия.

Поэтому в последнем – четвертом – эксперименте структура мишени была существенно изменена. Поперечное сечение входного фрагмента мишени толщиной 20 см было снижено вдвое (с 200 до 100 см²), а слой изолятора под ним был увеличен в 2,25 раза (до 9 см) по сравнению со слоем в предыдущих опытах. Под следующей частью мишени (тоже на длине 20 см) толщина изолятора увеличена до 6,5 см (в 1,6 раза), и только последние свинцовые слои мишени (с их общей длиной свинца 25 см) лежали на изоляторе прежней толщины - 4 см. На рис. 1 показана структура именно этой мишени.

В первой ее экспозиции инверсия суммарного тока имела место лишь после прохождения пучком первичных p^+ в свинце 60 см, а во второй экспозиции перед мишенью был добавлен еще один Рb-кирпич (он изображен на рис. 1 пунктиром), и инверсия регистрировалась после прохождения пучком слоя Рb толщиной 65 см. Это дает основания считать существенным влияние отличия боковой поверхности мишени от идеального конуса и других вышеуказанных факторов на параметры суммарного тока, генерируемого в свинце. В частности, факт подавления инверсии обходившими середину мишени сквозь изолятор первичными p^+ на глубине 50 см от входа в нее пучка, отсутствовавший в первых трех экспериментах, в мишени четвертого эксперимента с уменьшенным сечением начального Рb-фрагмента и утолщенным изолятором сомнений не вызывает.

3. Заключение

Итак, результаты описанных в работе экспериментов позволяют считать установленным факт возникновения инверсии (из положительного на входе в свинцовую мишень в отрицательный на глубине проникновения в нее ~ 50 см) суммарного электрического тока, генерируемого пучком первичных протонов даже с их не вполне релятивистской энергией 655 МэВ ($\sim 0,7m_p c^2$).

Это может служить подтверждением справедливости предположения [1] о том, что действительной причиной известного многократно измеренного явления вертикальной поляризации атмосферы Земли, следствием которой являются и стабильно поддерживаемые отрицательный заряд земного шара величиной $Q_3 = -5,57 \cdot 10^5$ Кл, и одновременно такой же, но положительный, заряд верхней гомосферы Земли [2-5], являются галактические космические лучи (ГКЛ).

Правда, сторонники выдвинутой Вильсоном [6] в 1922 г. гипотезы о способности грозового механизма поляризовать земную атмосферу могут попытаться привести в ее защиту аргумент о том, что измеренный нами инвертированный ток на несколько порядков меньше тока первичных p^+ , и, следовательно, поток входящих в атмосферу ГКЛ (протоны составляют $\sim 90\%$ от всех частиц ГКЛ), имеющий на первый взгляд мизерную плотность $\sim 1p^+/(cm^2 c)$, из-за этого не способен создать необходимый для стабилизации Q_3 ток на поверхность Земли, равный, как известно, $\sim 1800 e^-(cm^2 c)$. Но сравнительный анализ обоих (грозового и ГКЛ) механизмов, выполненный в [1] и [7], показывает, что, благодаря гигантским энергиям протонов ($\sim 10^{14}$ эВ) и других положительно заряженных частиц ГКЛ, каждая из которых создает в атмосфере $\sim (10^5 - 10^7)$ ливневых γ -квантов и электронов [8], ГКЛ способны быть адекватным ее поляризатором. Грозы же – это, по-видимому, лишь следствие стабильно поддерживаемой ГКЛ поляризации.

Уместно также напомнить, что известная измеренная величина плотности образуемых ГКЛ ионов в приповерхностном слое земного воздуха $\rho = 1,6/(cm^3 c)$ [1 и 8, с. 1173] также убедительно подтверждает эффективность поляризации атмосферы ГКЛ (см. [1]).

Литература

1. Матора И.М., Семенова И.А., Шакун Н.Г., Шишлянников П.Т. Космические лучи – вероятный генератор электростатического поля в атмосфере Земли. ОИЯИ Р1-98-68, Дубна, 1998; *Nadronic Journ.* 22, 171-177 (1999).
2. Тверской П.Н. Грозное электричество и сохранение заряда Земли.- Вестник ЛГУ, 1947.
3. Тверской П.Н. Курс метеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1962.
4. Краев А.П. Основы геоэлектрики. – Л.: Недра, 1965.
5. Красногорская Н.В. Электричество нижних слоев атмосферы и методы его измерения. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
6. Wilson С.Т. The Maintenance of the Earth's Electric Charge. – *Observatory*, 1922, v.45.
7. Матора И.М. Природа свёрхвращения верхней атмосферы Земли. – Геомагнетизм и аэрномия, т.40, №5, с. 139-142, 2000.
8. Физические величины. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991, 1263 с.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 ноября 2000 года.

Матора И.М., Шакун Н.Г., Шишлянников П.Т.
Инверсия суммарного электрического тока, генерируемого
пучком первичных энергичных протонов в свинце

P1-2000-266

В выполненных в 1998–2000 гг. экспериментах на пучке выведенных из фазотрона ЛЯП ОИЯИ протонов с энергией $E_p = 655$ МэВ и средним током до 2 мкА обнаружена инверсия суммарного электрического тока, генерируемого пучком направленных в свинец первичных p^+ , из положительного на интервале глубин $\delta_{\text{Pb}} \in (0-46,5)$ см в отрицательный на глубинах, превосходящих (46,5–65) см ($\sim 1,5-2$ пробега первичных протонов в Pb).

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2000

Перевод авторов

Matora I.M., Shakun N.G., Shishljannnikov P.T.
The Inversion of the Total Electric Current Generated
by the Primary Energetic Proton Beam in Pb (Lead)

P1-2000-266

The inversion of the total electric current, generated by the primary p^+ beam entering Pb target with $E_p = 655$ MeV and average beam current $\sim 2 \mu\text{A}$, is discovered. The measured total electric current was positive up to the depth $\delta_{\text{Pb}} \in (0-46.5)$ cm and became negative in depths $\delta_{\text{Pb}} \geq (46.5-65)$ cm ($\sim 1.5-2$ of the primary p^+ range in Pb). The experiments were conducted in 1998–2000 on the extracted p^+ beam of the Phasotron of the Laboratory of Nuclear Problems, JINR, Dubna.

The investigation has been performed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2000

Редакторы: М.И.Зарубина, Е.Ю.Шаталова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 28.11.2000
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,81
Тираж 375. Заказ 52377. Цена 98 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области