

The background of the cover is a vibrant cosmic scene. A bright, yellowish-white star is positioned in the upper right quadrant, surrounded by intricate, glowing red and orange filaments of a nebula. The rest of the space is filled with a dark, starry field of distant galaxies and individual stars. On the left side, a large, dark, curved portion of a planet or moon is visible, showing some surface detail.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ГЕЛИОКЛИМАТОЛОГИЯ

**Серия «Космические лучи»
Том 28**

**МОСКВА
МАОК 2012**

ИСТОРИЯ КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕКСИКЕ

Хорхе Перес Пераса

Институт Геофизики Национального Автономного
Университета Мексики, Мексика

Исследования космических лучей были начаты в Мексике 30-ых профессором Мануэлем Сандовал Вайярта (Manuel Sandoval Vallarta) и его студентами из Мехико. Несколько международных экспериментов по исследованиям геомагнитного эффекта (связанного с широтой места наблюдения) и западно-восточной асимметрии космических лучей были впервые выполнены в те дни на мексиканской территории.

Международное научное сообщество космических исследований встречались в Мексике дважды на Международных Конференциях космических лучей (ICRC): 4-^{ье} и 30-^{ье} Конференции в Гуанахуато (Guanajuato) в 1955 году и в Мериде (Mérida) в 2007 году. Кроме того, Мексике было доверено стать хозяйкой Международной встречи по Сотрудничеству (Pierre Auger Collaboration) в Морелии в 1999 году и Международного Семинара по наблюдениям UHE космических лучей (The International Workshop on Observing UHE Cosmic Rays) в Метепеке (Metepes) в 2000 году. На этих научных конференциях рассматривался широкий диапазон тем исследования: от низких энергий, солнечных энергичных частиц (SEP) до ультравысоких энергий (UHE).

Основные приборы и инструменты для космических исследований появились в Мексике с начала 50-ых: от Симпсоновского нейтронного монитора до черенковских счетчиков были установлены в Мехико (2300 м. над уровнем моря) в рамках Международного Сотрудничества (Auger International Collaboration). Кроме того, в настоящее время в Mt. Sierra La Negra (штат Пуэбла, 4580 м. над уровнем моря) установлен солнечный нейтронный телескоп.

Космические исследования, особенно, в области Солнечно-земных связей начались в конце 80-ых годов. В тот же период было начато активное широкомасштабное сотрудничество в области космических исследований со многими странами, в частности в 1984 году началось (и продолжается) плодотворное долгосрочное сотрудничество с советскими (а впоследствии, с российскими) учеными.

1. Введение

Первый детектор космических лучей был *электроскопом*, благодаря которому ученые в конце 19-ого столетия обнаружили эффект постоянной ионизации атмосферного воздуха. В процессе многочисленных экспериментов было обнаружено, что электроскопы, даже помещенные далеко от лабораторных радиоактивных источников, все равно обнаруживали небольшую ионизацию воздуха. К 1900 году Томас Вильсон (Tomas Rees Wilson) и Ханс Гейтель (Hans Geitel) заметили, что электроскопы, даже когда они были полностью изолированы от окружающей среды, всё равно, пусть медленно, но освобождаются от заряда. За несколько лет до этого была обнаружена радиоактивность, поэтому полученные результаты, казалось, подтвердили естественный характер ионизации воздуха радиоактивными источниками на земле.

Если бы это было верно, то тогда с высотой места наблюдения ионизация должна была бы уменьшаться. Чтобы проверить эту гипотезу, в 1912 году австрийский физик Виктор Гесс (Victor F. Hess) выполнил ряд экспериментов с электроскопами, транспортируемыми на воздушных шарах, поднимающихся до высоты 5300 м. Результат был ошеломляющим для тогдашних исследователей: выше 1 500 м. Гесс наблюдал значительное увеличение ионизации, которое он вначале приписывал источнику ионизации, расположенному в верхних слоях атмосферы. Некоторое время предполагалось, что такая радиация имела электромагнитную природу и оттуда возникло название *Космических Лучей*.

В последующие годы, Роберт Миликэн (Robert Andrews Millikan) повторил эксперименты Гесса вплоть до высот 15000 м., подтверждая существование очень высоко проникающей радиации различной мощности. В течение нескольких лет считалось, что такая радиация имеет корпускулярную природу и состоит из комбинации гамма-лучей высоких энергий намного превышающими, чем обнаруженные недавно в земных экспериментах. Гипотеза, что такая радиация могла иметь корпускулярную природу, игнорировалась в те дни, а возможная ассоциация наблюдаемого излучения с бета - лучами казалась абсолютно не-

вероятной, так как их энергия была в 100 раз ниже, чем энергия гамма - лучей.

До 1927 фотонная природа космических лучей серьезно не рассматривалась. Однако в 1927 году голландский физик Джекоб Клай (Jacob Clay) обнаружил на уровне моря уменьшения уровня радиации приблизительно на 15%, проходя от средних к экваториальным широтам. Так как на фотоны геомагнитное поле не влияет, то снова пришлось вернуться к гипотезе корпускулярного происхождения космических лучей.

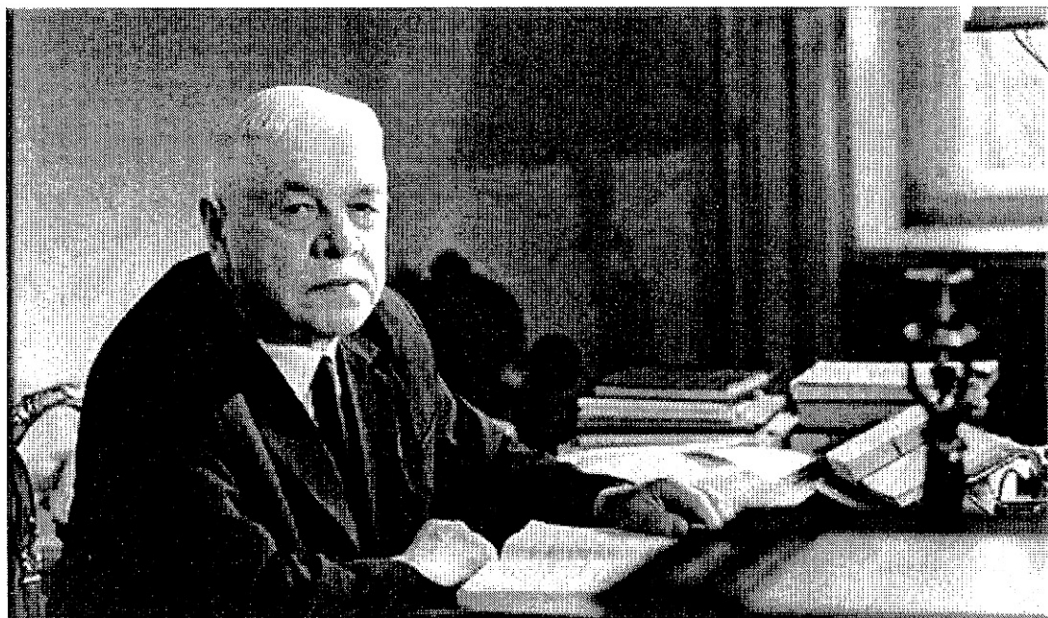


Рис.1 Академик Д.В.Скобельцин

В 1929 году в результате экспериментов в ионизационной камере российским ученым Д.Скобельциным (рис.1) было предположено, что космические лучи могли быть электронами, порожденными гамма – лучами. Однако, в том же самом году, эксперименты Бёте и Кольхёстера (Bothe и Kolhörerster) с помощью счетчиков Гейгера-Мюллера (Geiger-Müller) опровергли гипотезу Скобельцина, усиливая концепцию природы космических лучей, как потока заряженных частиц.

Предварительный результат Клая был исчерпывающе подтвержден рядом экспериментов Артура Комптона (Arthur H. Compton), который измерил поведение космических лучей в зависимости

от геомагнитной широты и долготы места наблюдения от Новой Зеландии, Гавайи, Перу и Панамы до Мексики. С теоретической точки зрения, в то же время, замечательный ученый **аббат Леметр** (Lemaître, 1931) дал более высокое подтверждение корпускулярной гипотезе, связывая космические лучи с космосом, как частицы побочного продукта первичного Большого Взрыва.

2. Ранний мексиканский вклад в космофизику

Как только работы Комптона и Клая показали, что космические лучи были заряженными частицами, мгновенно возникла следующая загадка: каким является заряд этих обнаруженных частиц - положительный или отрицательный? Ответ на этот вопрос имел важное значение для космологических теорий происхождения Вселенной, таких как теория «Большого Взрыва» бельгийского аббата Леметра. В своих работах Леметр и Вайярта (1933) (рис.2) и Вайярта (Vallarta, 1933, 1935, 1937) объяснили широтный и азимутальный эффекты космических лучей, обнаруженные Комптоном и Клаем: они показали, что космические лучи, затрагиваемые геомагнитной областью, могут только быть заряженными частицами. Тем самым они исключили возможность того, что космические лучи - это только гамма – лучи, как предложили Миликэн и другие.

Основываясь на изданных в те же годы результатах Фредерика Штёрмера (Fredrik Carl Störmer) и на теореме Лиувилля, Леметр и Вайярта определили минимальную пороговую магнитную жесткость для частиц, чтобы те были в состоянии проникнуть до данной геомагнитной широты, а именно, они определили дозволённые конусы для попадания космических лучей на поверхность земли.

Одно из важных предсказаний вычислений была западно-восточная асимметрия космических лучей: они показали, что эффект геомагнитного поля был не только селективным по доступу частиц к различным широтам согласно их магнитной жесткости, но и проявляется в отклонении частиц в различных направлениях, согласно жесткости частиц.

Леметр и Вайярта предсказали, что положительно заряженные частицы отклоняются к западу и отрицательно заряженные - к вос-



Рис. 2 Аббат Джордж Леметр и Профессор Мануэль Вайярта
в 1938 году

току. В связи с этим, профессор Вайярта убедил профессора Комптона провести новые измерения в Мексике, чтобы проверить эти их предсказания.

Комптон направил американского физика Луиса Альвареса (Luis W. Alvarez, будущего Нобелевского лауреата, рис.3), чтобы провести эксперименты высоко в горах вокруг Мехико и на крыше Гостиницы «Женева» в центре города. Используя подвалы отеля, Альварес установил детекторы таким образом, что удалось измерить интенсивность космических лучей в разных направлениях, изменяя ориентацию установки.

В результате экспериментов, Комптон и Альварес определили превышение интенсивности космических лучей приблизительно в 10% в западном направлении, предполагая, что космическая радиация преимущественно состоит из протонов.

Это был совершенно удивительный результат, потому что, из-за вездесущности электронов в природе, такого не ждали. Северо-южная асимметрия, обнаруженная в 1934 году Джонсоном (Т.Н. Johnson) из Бартоловского Фонда, была полностью подтверждена в экспериментах, проведенных в районе Копилко (Copilco) и вулкане Невадо де Толука (*Nevado de Toluca*) в Мексике группой



Рис. 3 Луис Вальтер Альварес (Luis W. Alvarez)

профессора Вайярта, так же как восточно-западная асимметрия (эксперименты в Веракруссе, Сан Рафаэле и Мехико), также соответствовали теоретическим расчетам Леметра и др. (1935).

Забавный анекдот, связанный с изучением широтного эффекта космических лучей, вспоминает Джордж Гатов в книге "Биография Физики": «После нескольких измерений, которые Комптон и Вайярта выполнили в различных местах в Мексике: Веракрус, Орисаба, Мехико и вулкан Nevado de Toluca, Комптон решил также найти места, достаточно удаленные от городов, чтобы избежать влияния электрических сетей, движения и т.д., Нужно иметь в виду, что всё равно электропитание для приборов должно было бы существовать. Лучшим местом могли бы стать монастыри на определенном расстоянии от Мехико, у которых были бы собственная станция энергии и аббат, заинтересованный наукой. Комптон прибыл на вокзал с 12 тяжелыми коробками: две из них были с электрометрами счетчиками, в остальных были свинцовые кирпичи. Он был немедленно окружен множеством мальчиков, которые хотели помочь ему. Тогда Комптон легко поднял коробки с электрометрами, а мальчики по-

тащили остальные, удивляясь, какой могучий этот худощавый иностранец. В это время отношения между Мексиканским Правительством и Католической церковью были достаточно натянутыми и все католические учреждения находились под наблюдением. Были два солдата и в монастыре выбранном Комптоном, Один из солдат открыл коробки с электрометрами и нашел “четыре черных бомбы”, а также «много коробок полных свинца, который можно использовать для пуль». В течение нескольких часов Комптон сидел в полиции и рассказывал полицейским «зачем он приехал из Америки». Только вмешательство посольства США спасло экспедицию. Ученые были с тех пор “опасными людьми” – пишет Гатов.

До 1946 года Мануэль Вайярта (рис.3) постоянно работал профессором Массачусетского технологического института (МТИ), но использовал каждую свободную минуту (в том числе каникулы и отпуск), чтобы приезжать в Мехико и преподавать на Факультете Науки Института Физики Национального Автономного Университета Мексики (UNAM).

Ещё с середины 30-ых (во время его частых посещений Мексики), он начал формировать группу специалистов для исследований космических лучей. Среди людей, которых он ввёл в эту область и которые имели способности в физике, можно упомянуть Хайме Лифшица (Jaime Lifshitz), Набора Карийо (Nabor Carrillo), Альберто Барахаса (Alberto Barajas), Мануэля Перускийя (Manuel L. Perrusquia), Хуана де Ойясабал (Juan de Oyarzabal), Гектора Урибе (Hector Uribe), Фернандо Альба (Fernando Alba Andrade), Альфредо Баньос (Alfredo Baños) и Карлоса Фернандеса (Carlos Graef Fernández).

Последние двое пошли с профессором Вайярта в Массачусетский технологический институт, чтобы подготовить и защитить докторские диссертации. В 1938 году Карлос Фернандес защитил в МТИ диссертацию “Исследование распределения асимптотических орбит”. Альфредо Баньос защитил диссертацию “Асимптотические направления в теории первичных космических лучей» в 1939 году.

В период 1933-1939 Вайярта и его сотрудники издали ряд статей в ведущих мировых научных изданиях («Nature», «Phys Rev.», «Rev. of Modern Phys.») в развитие теории космических лучей к магнитному моменту солнца и галактическому вращению, например (Vallarta,

Graef и др., 1939). К 1940 году молодые студенты Фернандо Альба и Мануэль Перрусскийя, под руководством Альфредо Баньоса, построили вращающуюся систему счетчиков Гейгера (рис. 4), чтобы измерять интенсивность космических лучей, как функцию времени, азимутального и зенитного углов (0, 20, 40 и 60 градусов) и установили этот прибор на Метеорологической башне, расположенной на крыше «Mining Palace». «Mining Palace» находился в самом сердце Мехико, где Факультет Науки UNAM был расположен в те дни.

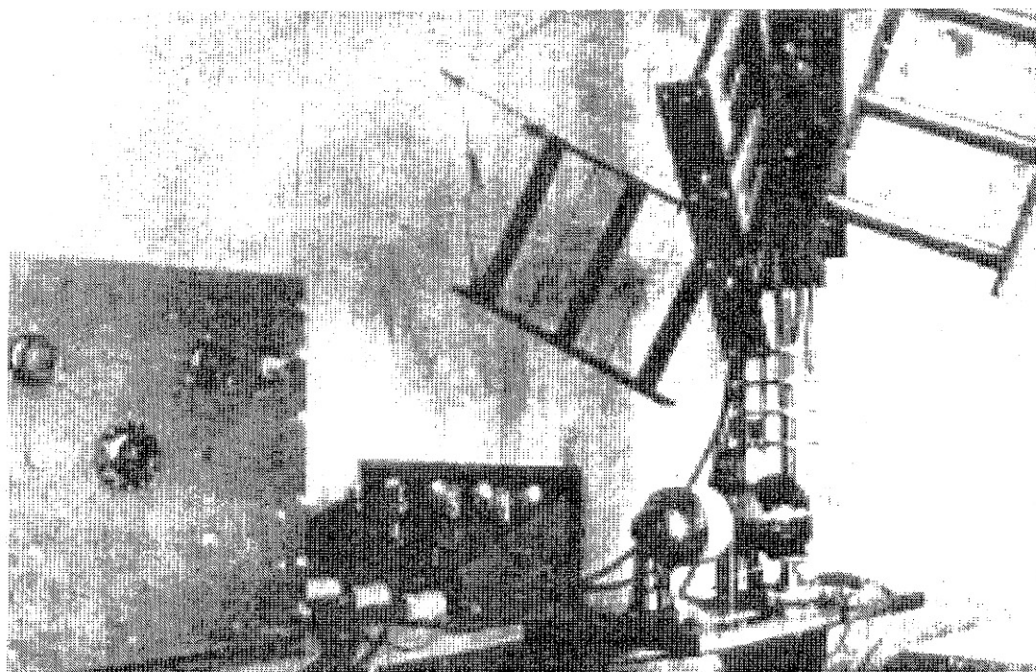


Рис. 4 Первый мексиканский детектор космических лучей в Mining Palace

Система счетчиков имела автоматическую программу регистров фотографирования результатов каждые 32 мин. Непрерывное использование фоторегистров позволило охватить измерениями, по крайней мере, 100 дней (до мая 1946).

Основываясь на полученных данных, Альфредо Баньос написал первую статью по исследованиям в космической физике, изданную в мексиканском журнале (Baños, 1941). В то же время, Хайме Лифшиц, с помощью Гектора Урибе, вычислил траектории космических лучей в пределах геомагнитной области посредством очень простых электрических калькуляторов (Lifshits, 1942). Хуан де Ойяса-

бал сделал статистический анализ экспериментальных данных и вместе с профессором Вайярта и Мануэлем Перрусскийя опубликовал статью «*Определение энергетического спектра первичных космических лучей*» (Vallarta и другие, 1947).

17 февраля 1942 года по случаю открытия Астрономической обсерватории Тонанцинтла (ныне Институт астрофизики, оптики и электроники, ИНАОЭ) в штате Пуэбла был проведен Межамериканский Астрофизический Конгресс с участием ученых из Мексики, СЧША и Канады. На Конгрессе были представлены доклады сотрудников Института физики UNAM Грефа, Лифшица, Урибе, Маринеса и Баньоса, в которых обсуждались вопросы динамики космических лучей, асимптотических направлений движения заряженных частиц космического излучения в магнитном поле Земли, результаты азимутальных и зенитных измерений. К сожалению, слушания никогда не издавались, но подробный рассказ о Конгрессе сохранился в журнале «*Sky and Telescope*» под названием «*Пребывание в Мексике*» («*Sojourn in Mexico*», Menzel, 1942).

В 1954 году в новом университетском городке UNAM (*Ciudad Universitaria*) был установлен Нейтронный Монитор Симпсона, предложенный профессором Джоном Симпсоном (John Simpson) из Университета Чикаго. Главное направление исследований в течение 1954-1958 годов было сконцентрировано на Альbedo Космических Лучей, о чем профессор Вайярта сделал приглашенный доклад на Международной Конференции по теоретической Физике в Токио (Vallarta, 1954). В 1955 году профессор Вайярта и его сотрудники организовывали 5-ую Международную Конференцию по физике космических лучей, которая успешно прошла 5-12 сентября в городе Гуанавато (штат Леон). Впервые на Конференции в Мексике были советские ученые. Президентом Конференции был Нобелевский лауреат профессор Блэкэт (P.M.S.Blackett). На Конференции было представлено приблизительно 90 работ.

К началу 60-ых UNAM приобрёл Нейтронный Монитор Кармайкла с шестью пропорциональными счётчиками. В 1958 году исследования космических лучей были переведены в Институт Геофизики UNAM, где в 1962 году замечательная женщина и блестящий учёный Рут Галл (рис.5) организовала группу исследователей в соста-



Рис. 5 Встреча советских и мексиканских космофизиков (слева направо - Юрате Микалаюнене, Игнасио Галиндо, Игорь Либин, Рут Галл, Хавьер Отаола), Веракрус, 1984

ве А. Ороско (A. Orozco), С.Браво (S.Bravo), Х.Хименес (J. Jimenez) и Л. Камачо (L. Camacho).

Одной из главных тем исследований, проводимых в те годы, была задача движения и захвата заряженных частиц в так называемых кольцах Ван Алена (Van Allen). Под руководством Рут Галл (Ruth Gall) был проделан колоссальный объем работ, главным образом связанный с Магнитосферными моделями и вычислением траекторий, асимптотических направлений, вариационных коэффициентов, Форбуш-эффектами и жесткостью частиц. Среди основных работ в этой области могут быть упомянуты: Gall et al. (1968) and R. Gall et al. (1982).

До 1962 года профессор Вайярта (рис.6) продолжает издавать работы в области космических лучей: например, *“Геомагнитные координаты и космическая радиация”* (Vallarta и др., 1958), *“Теория геомагнитных эффектов космической радиации”* (Vallarta, 1961), *“О механизме резкого увеличения космической радиации, связанного с солнечными вспышками”* (Forbush и др., 1949).

Различие между ранними и современными временами космических исследований в Мексике заключается в том, что большинства



Рис 6. Профессор Вайярта в Мехико

ранее упомянутых людей уже нет или они работают в других областях, как Фернандо Андраде, который в свои 88 лет продолжает активно работать в области ресурсов энергии.

3. Новая эра космофизики в Мексике

Начало 70-ых ознаменовалось возвращением в страну многих молодых мексиканских ученых, которые уехали учиться в Англию, Францию, США, Испанию...

Так в мексиканской науке появились Хавьер Отаола (Javier Otaola) и автор статьи Хорхе Перес-Пераса (Jorge Pérez-Peraza), которые закончили исследования и защитили докторские диссертации в Европе и, затем, начали участвовать в Международных Конференциях космических лучей (с 1975 года, в Мюнхене). Они и сформировали новое поколение молодых ученых, которые также поехали за границу, чтобы повысить свою подготовку и подготовить докторские диссертации: Хосе Вальдес-Галисия (José Valdés-Galicia), Хулио Мартинелл-Бенито (Julio Martinell-Benito) и Мигель Гальвес-Гонсалес (Miguel Gálvez-González). Это было удивительное время, когда в Мексике возникла мощная космофизическая школа при отсутствии лидера и Учителя.

В начале 80-х, некоторые из следующей генерации ученых, вернувшись в Мексику, в свою очередь начали формировать новые и новые поколения студентов, получающих подготовку в самых престижных научных центрах мира. В эти годы, политика мексиканского Совета по науке и технике позволяла получать специальные фонды для подготовки ученых, как за рубежом, так и в самой Мексике, как например, Аполонио Гайегос-Крус, Кабальеро Рохелио и Мануэль Альварес-Мадригал, подготовившие докторские работы уже в УНАМ.

В эти годы начинается активная и плодотворная совместная работа советских и мексиканских ученых в Мексике: Лев Дорман, Леонтий Мирошниченко, Олег Гулинский, Евгения Ерошенко, Константин Юдахин и Игорь Либин, Сергей Пулинец (ИЗМИРАН), Щилиян Кавлаков (Институт ядерной физики БАН), Эдуард Вашенюк (ПГИ) и многие другие (рис. 7–9).

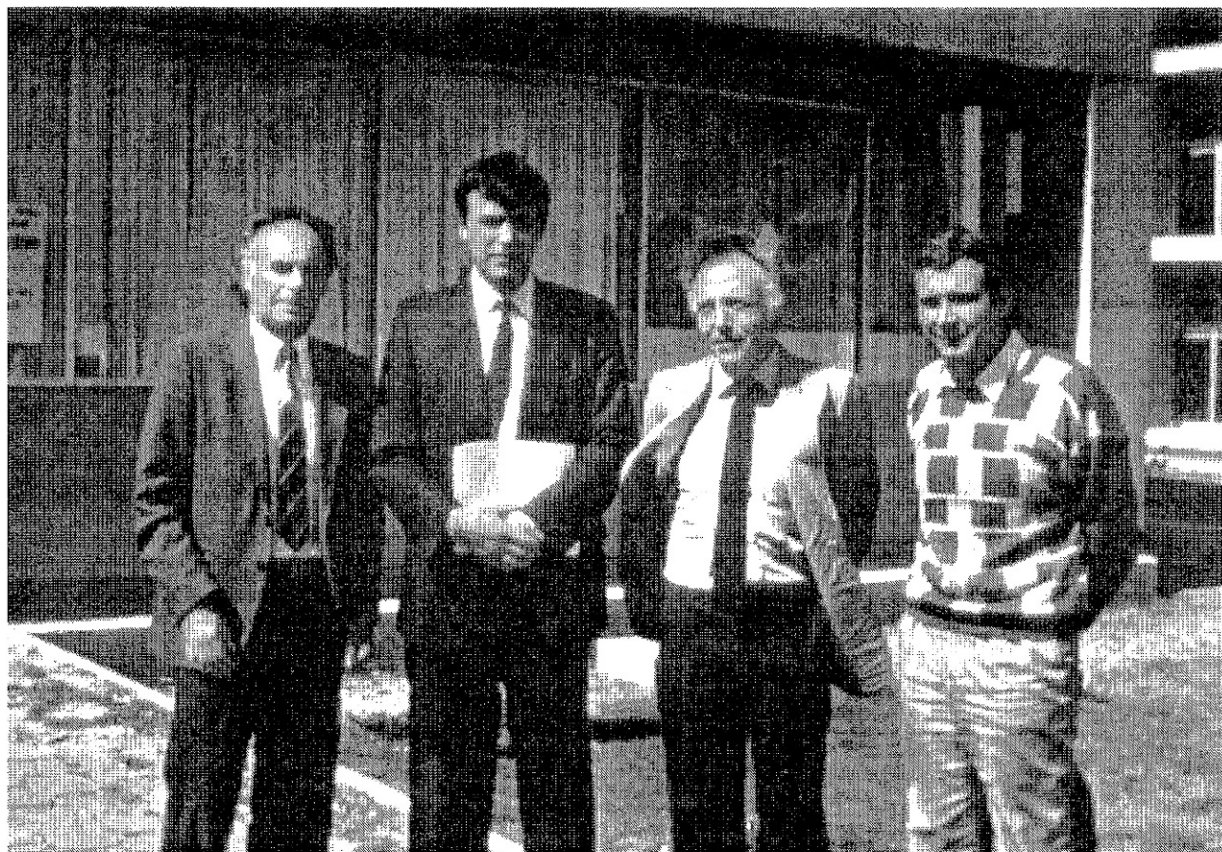


Рис 7. Л.Мирошниченко, О.Лисовой, О.Обрегон Диас, И.Либин (семинар по космическим лучам в Институте физики УАМ)

Основные направления космических исследований:

- распространения галактических космических лучей и модуляция космических лучей (например, Gulinsky и др., 1987; Dorman и др., 1988, 1990),
- астрофизические аспекты SEP (Miroshnichenko и Pérez-Peraza, 2008),
- теория ускорения космических лучей (Pérez-Peraza и Gallegos-Cruz, 1994),
- азимутальное распространение солнечной короны (например, Pérez-Peraza, 1986),
- межпланетное распространение космических лучей (например, Valdes-Галисия, 1992),



Рис. 8. Российские ученые в Мексике: Игорь Либин (МАОК), Хорхе Перес-Пераса (UNAM), Сергей Пулинец (ИЗМИРАН, Россия), Амандо Лейва-Контрерас (UNAM) (Международный семинар по космическим лучам в Институте геофизики УНАМ, Мексика)

- релятивистские солнечные протонные события (например, Vashenyuk и др., 1993, 1994),
- энергетический спектр SEP (например, Gallegos-Cruz и Pérez-Peraza, 1995),
- состав, спектр солнечные нейтроны, вспышки и даже UHE (Pérez-Peraza и др., 2005).

Значительный стимул мексиканской космофизике дали работы в области космических лучей и влияния SEP на земные явления (например, Pérez-Peraza и др., 1997; Valdes-Галисия и др., 2004; Alvarez и Pérez-Peraza, 2005; Velasco и Мендоса, 2007, Kavlaков и др., 2007a, b, Pérez-Peraza и др., 2007; Libin и др., 1996a, b, c, d, e; 1998, и т.д.).

Кроме того, наряду с вышеперечисленными космическими исследованиями, распространенными в Мексике, диапазон дисци-



Рис. 9. Щилиян Кавлаков, Наталья Сизова, Радка Кавлакова, Хорхе Перес Пераса (Международный семинар по космическим лучам в Институте геофизики УНАМ, Мексика)

плин в эти годы был существенно расширен: всё большее место занимают исследования солнечно-земных связей, физика Солнца, исследования флуктуаций космических лучей и гелиоклиматология, создателями которой являются авторы настоящей работы.

Будучи специалистами в области космических лучей, в отличие от выводов специалистов по глобальному потеплению, Либин и Перес-Пераса предположили, что космические лучи оказывают гораздо большее влияние на изменение земного климата (рис.10–12).



Рис. 10. Лекция по гелиоклиматологии в Университете Моря, Уатулько, Оахака

Впервые в космофизике и климатологии, было показано, что изменение количества космических лучей, попадающих в атмосферу, непосредственно влияет на увеличение облачного покрова нашей планеты. При большом количестве облаков Земля отражает радиоактивные лучи Солнца обратно в космос, благодаря чему плане-



Рис. 11. На совещании по гелиоклиматологии в Университете Эрмосийо (Щилиян Кавлаков, в центре)



Рис. 12. После совещания в Университете Эрмосийо, Сонора, Мексика

та охлаждается. В конце 90-х ученые предположили, что причиной глобального потепления является уменьшение облачного покрова Земли, что в свою очередь связано с недостатком космических лучей, попадающих в атмосферу. Было показано [Либин, Переспера, 2007], что выбросы углекислого газа, связанные с антропогенной деятельностью, влияют на климат меньше, чем полагают ученые. Пробы льда свидетельствуют, что такие катаклизмы случались в далеком прошлом. Сейчас солнечная активность выше, чем когда-либо как минимум за последнюю тысячу лет. Это означает, что у человечества больше времени на то, чтобы уменьшить свое влияние на атмосферу.

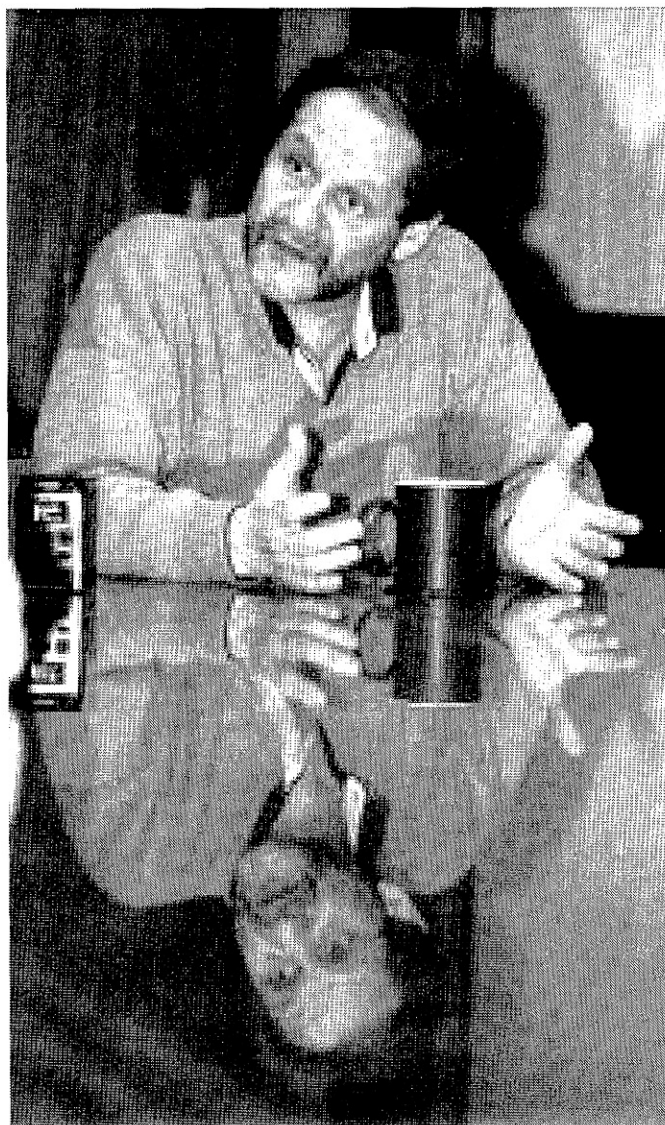


Рис. 13 Директор Института Геофизики УНАМ Хосе Франциско Вальдес Галисиа

В те же годы группа Хосе Вальдеса (José Valdés-Galicia, рис.13) начинает исследования океанского течения Эль-Ниньо и его связи с изменениями солнечной активности, инициируя целое направление исследований океанских течений (Гольфстрим).

В сотрудничестве с японскими учеными, Хосе Вальдес и его студенты установили солнечный нейтронный монитор в горах штата Пуэбла. Благодаря этому теперь в Международной Программе «Pierre AUGER Program» участвуют 15 ученых и 20 студентов из нескольких мексиканских Университетов. В их числе, Лукас Нельсен (Lukas Nelsen), Хосе Вальдес и Хуан Карлос д'Оливо (Juan Carlos D'Olivo) из UNAM, Умберто Саласар (Humberto Zalazar) и Артуро Эрнандес (Arturo Hernandez) из BUAP (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla), Амульфо Сепеда (Arnulfo Zepeda) из Национального Политехнического Института CINVESTAV (Instituto Politécnico Nacional) и Луис Вийясењор (Luis Villaseñor из Университета штата Идальго (UMSNH, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo). Также

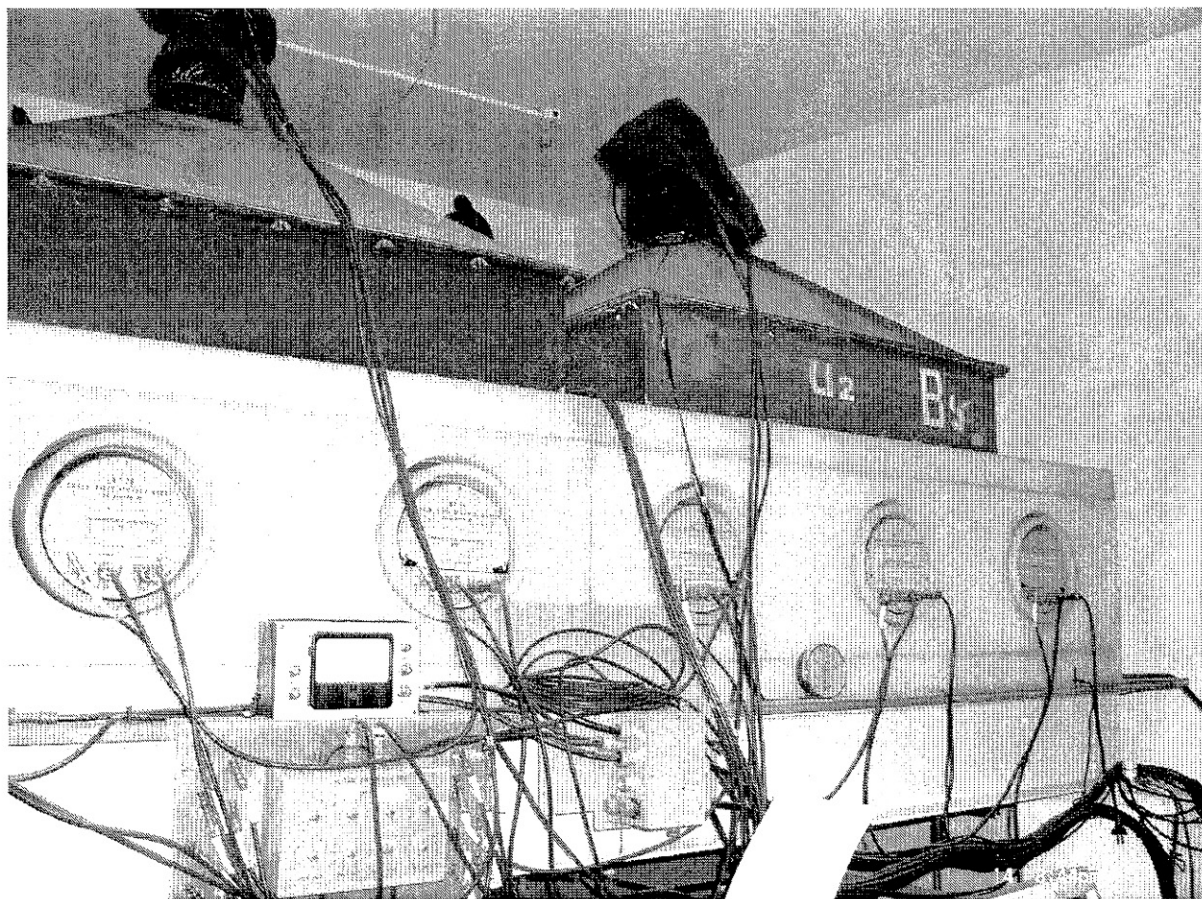


Рис. 14. Нейтронный монитор и сцинтилляционный телескоп UNAM

в окрестностях вулкана Сьерра Негра (Sierra Negra) строится большой черенковский детектор, который до определенной степени может быть использован, как продолжение программы Milagro.

В экспериментальной космической физике активно работали Хавьер Отаола (Javier Otaola) и Хосе Вальдес (José Valdés-Galicia), модернизовавшие Станцию космических лучей UNAM, добавив к нейтронному монитору сцинтилляционный телескоп (рис.14). Тогда же Хорхе Перес-Пераса начал работы над новыми полимерами CR-39, которые смогли стать основой для новой сцинтилляционной аппаратуры.

В дополнение к 5-ой Международной Конференции по космическим лучам в Мексике были организованы три Международных семинара по космическим лучам, UHE и Auger сотрудничеству: в городе Пуэбле в 1966, в городе Морелии в 1999 и Метерес в 2000 году (Salazar и др. 2001), а также, 30-ая Международной Конференции по космическим лучам в Мериде (штат Юкатан, 2007 год, руково-



Рис.15. Встречи в Мехико: Щилиян и Радка Кавлаковы (Институт ядерной физики, Болгария), Хорхе Перес Пераса и Оскар Перес Роблес (UNAM, Мехико), Игорь Либин (МАОК, Россия)

дитель Хосе Вальдес), На Конференции было представлено свыше 1000 вкладов, в работе Конференции участвовал лауреат Нобелевской премии Джеймс Кронин (James W. Cronin).

В этом году исполняется 80 лет мексиканской космофизике. За прошедшие годы было установлено тесное научное сотрудничество между Мексикой и многими странами мира: США, Франция, Англия, Япония, Болгария, и т.д. Самое долгое сотрудничество (если не считать США) было с Россией: с 1984 года подготовлено более пятидесяти совместных публикаций, несколько монографий, при участии российских учёных модернизирована станция космических лучей UNAM.



Рис. 16 Студенты на территории университета

Как пишет в своей работе «Anthology of Cosmic Research in Mexico and the Mexican-Russian Cooperation» профессор Пераса: «В этой связи, прежде всего, должны быть упомянуты профессор Леонтий Мирошниченко, профессор Лев Дорман и многие другие от преж-

него ИЗМИРАН (теперь Институт имени Н.В.Пушкова), профессор Щилиян Кавлаков (рис.15), профессор Эдуард Вашенюк и сотрудники от Полярного Геофизического Института (ПГИ, Апатиты), и, наконец, координатор нашего проекта «Гелиоклиматология» профессор Игорь Либин из Международной Академии оценки и консалтинга (МАОК)».

Заключение

Космические лучи вместе с теорией относительности были двумя первыми ветвями физики, выращенной в Мексике в начале 20-ого столетия. Мексиканские космофизики участвовали почти во всех Международных космических конференциях и семинарах, а также в нескольких европейских Космических Симпозиумах (например, Рис. 17).

За прошедшие 75 лет в космических исследованиях были достигнуты значительные результаты. В ходе этих лет, благодаря приему в Мексике коллег от многих стран мира, мексиканскими учеными, аспирантами и студентами был получен прекрасный опыт. Общение с выдающимися учеными мира - одно из самых захватывающих впечатлений для учёных любой страны.

В течение последних десятилетий исследования космических лучей получили новый стимул. Формируется новое восторженное поколение молодых ученых, которых интересуют новые задачи, стоящие перед современной космофизикой. И не последнюю роль в становлении мексиканской космической физики, как впрочем, и других дисциплин, сыграли советские, а впоследствии российские, учёные. Плодотворное сотрудничество между мексиканскими и российскими учеными было установлено четверть века назад, но и сегодня наша совместная научная работа позволяет нам быть на переднем крае современной космофизики.

Литература:

Baños, Alfredo, On Asymptotic Orbits in the theory of Primary Cosmic Radiation, Phys. Rev. 55621-623, 1939.

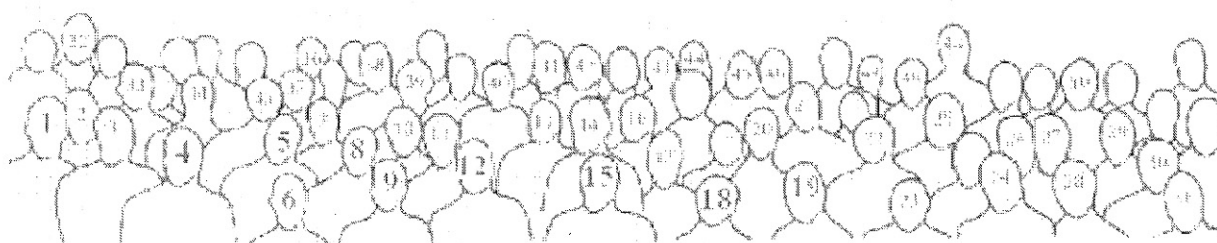
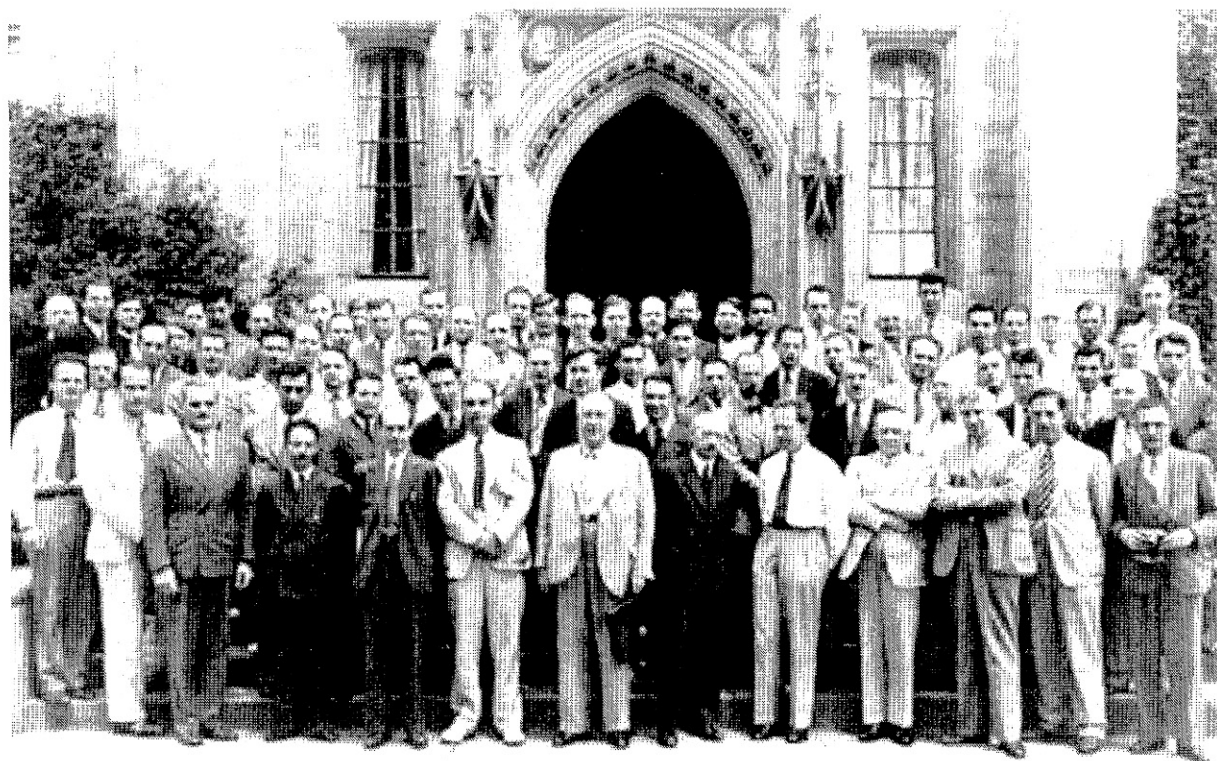


Рис 17. Альфредо Баньос and М.С.Вайярта (6 и 9) на Симпозиуме по космическим лучам в Университете Чикаго в 1939 году, в присутствии лауреатов Нобелевской премии: Ханс Бёте (1), Артур Холи Камптон (4), Эдвард Теллер (5), С.Голдцмидт (8), Карл Андерсен (12), Виктор Гесс (15), Вильгельм Бете (18) и Вернер Гейзенберг (19)

Baños, Alfredo, On stable Orbits in the theory of Primary Cosmic Radiation, *Rev. Mod. Phys.* 11, 137-148, 1939.

Baños, Alfredo Jr., Statistical analysis of cosmic ray coincidences, *Rev. Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*, Special Number, 1941.

Forbush, S.E. , Gill, P.S. and Vallarta, M.S., On the mechanism of sudden increase of cosmic radiation associated to solar flares, *Rev. of Modern Phys.* 21, 44-48, 1949.

Gall, R., Jimenez, J. and Camacho, L., Arrival of Low-Energy Cosmic Rays via the Magnetospheric Tail, *J. Geophys. Res.* 73, 1593-1605, 1968.

Gall, R., et al, "Tables of approach directions and points of entry of cosmic rays for high latitude cosmic ray stations" published by the Institute of Geophysics of UNAM, Mexico (421 pp.), 1982.

Gallegos-Cruz, A. and Pérez-Peraza, J., Derivation of analytical particle spectra from the solution of the transport equation by the WKBJ method, *Astrophys. J.* 446-1, 400-420, 1995.

Gulinsky, O. A., Belashov, V. Yu, Katz, M. E., Libin, I. Ya, Otaola, J., Nosovi, S. F., Prilutsky, R. E., Pérez-Peraza, J., Stegilk, M. and Yudakhin, K. F., Spectral analysis of small scale cosmic ray fluctuations from the background cosmic ray observation, *Kosmicheskie Luchi*, 24, 63-87, 1987.

Haza, Fernando del Rio: Manuel Sandoval Vallarta y la tradición científica в México, *Casa del Tiempo IX-99*, мо-июнь, 73-76, 2007, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México.

Dorman, L. I., Gull, R., Gulinsky, O. V., Kula, K., Kammerer, N.S., Libin, I.Ya., Myrmina, N.V., Otaola, J., Prilutsky, R.E., Pérez-Peraza, J., Steglik, M. and Yudakin, K.F., Spectral characteristics of cosmic ray large scale fluctuations from data of neutron and ionizing component and their relation with anisotropy of cosmic radiation, *Kosmicheskie Luchi*, 25, 39-48, 1988.

Dorman, L.I., Libin, I.Ya., Ishkov, V., Pérez-Peraza, J., Álvarez-M., M., y Gallegos, A., Fluctuations of galactic cosmic rays in periods of solar flares, *Proc. of the Int. Cosmic Ray Conf. XXI-6*, 400-403, 1990

Lemaitre, G. , The evolution of the universe: discussion, , *Nature Suppl.* 128, 7-14, 1931.

Lemaitre, G. and Vallarta, M.S. , On Compton's latitude effect of cosmic radiation, *Phys Rev* 43, 87, 1933.

Lemaitre, G. Vallarta, M.S. and Bouchkaert, L. On the north-south asymmetry of cosmic radiation, *Phys Rev* 47, 434, 1935.

Kavlaikov, S., Elsner, J. and Pérez-Peraza, J., Atlantic Hurricanes, Geomagnetic Changes and Cosmic Ray Variations, *Proc. 30th ICRC, Mérida, Yucatán*, (in Press) July 2007a.

Kavlaikov, S., Elsner, J. and Pérez-Peraza, J., Forbush Decreases and Atlantic Hurricane Intensification, *Proc. 30th ICRC, Mérida, Yucatán*, (in

Press) July 2007b.

Libin, I.Ya., Gushchina, R.T., Pérez-Peraza, J., Leyva, A. y Jaani, A., Influence of solar activity variations on hydrological processes (autoregressive analysis of solar activity and levels of lakes), *Geomagnetism & Aeronomy* 36-1, 79-83, 1996a.

Libin, I. Ya., Guschina, R.T, Pérez-Peraza, J. Leyva, A. y Jaani, A., The influence of solar activity on atmospheric processes (cyclic variations of precipitation, *Geomagnetism & Aeronomy* 36-1, 83-86, 1996b.

Libin, I. Ya., Guschina, R. T., Pérez-Peraza, J., Leyva, A. Jaani, A. y Mikalayunene, U., The modulation effect of solar activity on the solar radiation, *Geomagnetism & Aeronomy* 36-5, 109-114, 1996c.

Libin, I.Ya., Gushchina, R.T., Leyva, A., Pérez-Peraza, J., Jaani, A., The changes of solar activity and their influence to large-scale variations of surface-air temperature, *Geomagnetism & Aeronomy* 36-5, 115-119, 1996d.

Libin, I.Ya., Pulinets, S.A., Pérez-Peraza, J., Leyva-C., A., Jaani, A. y Sizova, N. G., Influence of changes of solar activity on the climatological, Hydrological, geophysical processes at the Earth, Report on the 2nd European Conference on the Ecology of the Northern Europe, November 22-25, Pskov, (32 pages), 1996e.

Libin I.Ya., J. Pérez-Peraza y Ago Janni, Effects of Geomagnetic Storms on atmospheric processe, Proc. XXIII General Assambly of the European geophysical Society, Nice, France, 7 pages, April 1998.

Lifshitz, Jaime, Study of the stability of periodic orbits, *Journal of Math. and Phys.* 21, 284-287, 1942.

Mendoza, Eusebio: SEMBLANZA Manuel Sandoval Vallarta, Instituto Politécnico Nacional, (IPN), México, 1995.

Menzel, Donald H , Sojourn in Mexico, *Sky and Telescope*, V. 1, No. 6, 3-5, 1942.

Miroshnichenko, L.I. and Perez-Peraza, J., Astrophysical aspects in the study of solar cosmic rays, Review paper, *Int. Journal of Modern Phys*, 23-1, 1-141, 2008.

Mondragón, Alfonso и Barnés, Dorotea: Manuel Sandoval Vallarta OBRA CIENTIFICA, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, 1978.

Mondragón, Alfonso: Manuel Sandoval Vallarta y la Física в México,

CieNcias, 53-1, 32-39, 1999, UNAM, México

Pérez-Peraza, J., Coronal Transport of solar flare particles, Review Paper, Space Science Rev. 44, 91, 1986.

Pérez-Peraza, J., Laville, A. and Lopez, D., Mexican Patents No. 162004, 162100 and 164753: 1991-1992.

Pérez-Peraza, J. y Gallegos-Cruz, A., Weightiness of the Dispersive rate in stochastic acceleration process, Astrophys. J. Suppl. 90-2, 669-682, 1994.

Pérez-Peraza, J., Leyva, A., Libin, I., Formichev, V. Guschina, R.T., Yudakhin, K. and Jaani, A., Simulating the mechanism of the action of heliophysical parameters on atmospheric processes, Geofísica Internacional 36-4, 245-280, 1997.

Pérez-Peraza, J., Sanchez-Hertz, A., Alvarez-Madrigal, M, Velasco, J., Faus-Golfe, A. and A, Gallegos-Cruz, P-P total cross-sections from accelerator data, New Journal of Physics 7, 150-177, 2005.

J. Pérez-Peraza , V. Velasco , S. Kavlakov A. Gallegos-Cruz, E. Azpra-Romero, O. Delgado-Delgado, F. Villicaña-Cruz, On the trend of Atlantic Hurricane with Cosmic Rays, Proc. 30th ICRC, Méreida, Yucatán, (in Press) July 2007.

Salazar, H., Villaseño, L. and Zepeda, A. (Editors) "Observing Ultrahigh Energy Cosmic Rays from Space and Earth", AIP Conf. Proc. 566, Ney York, 2001.

Valdés-Galicia, J. F., Interplanetary magnetic field fluctuations and the propagation of cosmic rays, Geofísica Internacional 31-1, 29-40, 1992.

Valdés-Galicia, and Velasco, V. Variations of mid-term periodicities insolar activity physical phenomena, JASR 41, 297-305, 2008.

Vallarta, S.M., The interpretation of the azimuthal effect of cosmic radiation, Phys Rev 44, 1, 1933.

Vallarta, S.M, On the longitude effect of cosmic radiation, Phys Rev. 47, 647, 1935.

Vallarta, S.M. , Longitude effect of cosmic radiation and the position of the earth's magnetic center, Nature 139, 24, 1937.

Vallarta, M.S., Graef, Carlos and Kusaka, S., Galactic rotation and the intensity of cosmic rays at the geomagnetic equator, Phys Rev. 55, 1, 1939.

Vallarta, M.S. , Perrusquia, M. L. and De Oyarzabal, Juan, The

determination of the sign and the energy spectrum of primary cosmic radiation, *Phys. Rev.* 71, 393, 1947.

Vallarta, M.S. , Gall, R. and Lifshitz, Jaime, Geomagnetic coordinates and cosmic radiation, *Phys. Rev. Letters* 109, 1403, 1958.

Vallarta, M.S., On the Albedo effect of cosmic rays, *Int. Conf. of Theoretical Physics, Tokyo, Japan*, 57, pp. 57-69, 1954.

Vallarta, M.S., "Theory of the geomagnetic effects of cosmic radiation", *Handbuch der Physik XLVI/I*; 88-129, 1961.

Vashenyuk, E. V., Miroshnichenko, L. I., Sorokin, M.O., Pérez-Peraza, J. and Gallegos-Cruz, A., Search for Peculiarities of Proton Events in Solar Cycle 22 by Ground Observation Data, *Geomagnetism & Aeronomy* 33(5), 1-10, 1993.

Vashenyuk, E.V., Miroshnichenko, L.I., Sorokin, M.O., Pérez-Peraza, J. and Gallegos-Cruz, A., Large Ground Level Events in Solar Cycle 22 and some peculiarities of Relativistic Proton Acceleration, *Adv. Space Res.* 14(10), 711-716, 1994.

Velasco, V. and Mendoza, B, Assessing the relationship between solar activity and some large scale climatic phenomena, *Advances in Space Research*, (In Press), doi:10.1016/j.asr.2007.05.050, 2007.