III Летняя научная школа молодых ученых-космофизиков, посвященная 50-летию Якутской комплексной установки ШАЛ

среда, 14 июня 2023 г. - четверг, 15 июня 2023 г.

ИКФИА СО РАН

Сборник тезисов

Contents

Дмитрий Данилович Красильников 1

Магнитные бури 1

Энергетический спектр и массовый состав КЛ сверхвысоких энергий 1

Приемные векторы мюонного годоскопа УРАГАН 2

Эффекты солнечных затмений 4 января 2011 г и 20 марта 2015 г в вариациях фазы радиосигналов передатчика Краснодар (11,904 и 14,881 кГц) при регистрации в Якутске 2

Эксперименты с регистрацией черенковского излучения в Якутской установке за последнее время 3

НАБЛЮДЕНИЕ РЕДКОГО СОБЫТИЯ ОДНОВРЕМЕННО РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ ДВУХ ГРУПП ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН 3

Взаимосвязь высыпаний частиц из радиационного пояса Земли и космических гамма-всплесков 4

Исследование вариаций темературного профиля атмосферы по данным лидара . 4

Численное моделирование нестационарных авроральных структур в высокоширотной ионосфере методом PIC 5

Естественные радиоизлучения 5

ЧЕРЕНКОВСКИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ НА ЯКУТСКОЙ КОМПЛЕКСНОЙ УСТАНОВКЕ ШАЛ 6

Измерения поляризационного джета по спутниковым измерениям и по данным Якутской ионосферной станции 6

Выявление параметров атмосферных волн по данным оптических измерений . . 7

Биофизические мониторинговые наблюдения функционального состояния здоровых людей с использованием программно-аппаратного комплекса «Фазаграф». . . 7

Модернизация Якутской комплексной установки ШАЛ 8

Заряженные компоненты космических лучей в методе спектрографической глобальной съемки 9

Естественные потенциалы и температура грунта в центральной Якутии. 9

Повторные грозовые разряды в Якутии с временным интервалом между компонентами менее 5 мс 10

Оценка систематической ошибки измерения энергии космических лучей по данным Якутской установки широких атмосферных ливней 11

Среда для моделирования жизни космических лучей в магнитосфере земли и её практическое применение 11

Исследование динамики концентрации метана по данным спектрометра TROPOMI над Западной, Восточной Сибирью и Дальним Востоком 12

лекции / 8

Дмитрий Данилович Красильников

Автор: Алексей Красильников[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: a.d.kras@ikfia.ysn.ru

Жизненный путь создателя Якутской установки ШАЛ,лауреата Ленинской премии СССР, Дмитрия Даниловича Красильникова

лекции / 24

Магнитные бури

Автор: Георгий Макаров[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: gmakarov@ikfia.ysn.ru

Приводятся сведения о геомагнитных бурях, их источниках, основных условиях их развития. Дается краткое представление о строении земной магнитосферы. Описываются процессы, приводящие к изменению геомагнитного поля во время бури –усиление токов магнитопаузы, возникновение кольцевого тока и хвостовых токов в магнитосфере. Перечислены основные фазы бури. Кратко изложены методы геомагнитных наблюдений в ИКФИА.

молодежные доклады / 15

Энергетический спектр и массовый состав КЛ сверхвысоких энергий

Автор: Никита Муксунов[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: muksunov@ikfia.ysn.ru

По сложившейся терминологии первичное излучение с энергией E0 выше примерно 10^14 эВ называется космическими лучами сверхвысоких энергий. Выделение этой области в отдельное направление в основном связано со специфической методикой исследований, основанной на регистрации и изучении свойств образующихся при таких энергиях широких атмосферных ливней (ШАЛ). За счет ядерных и электромагнитных взаимодействий уже в верхних слоях атмосферы начинается и развивается вглубь лавинообразный процесс образования мощного потока вторичных элементарных частиц и коррелированного с ним электромагнитного излучения. Для самых больших энергий вблизи поверхности земли наблюдается 10^10 и более заряженных частиц, падающих практически одновременно на площадь в несколько квадратных километров. Метод ШАЛ на сегодня один из основных и светосильных в области 10^14 - 10^15 эВ, а при E0>10^17 эВ из-за очень низкой интенсивности является единственно возможным способом исследования первичного излучения.
В данной работе была разработана программа построения кривых, которая наилучшим образом описывает к заданному энергетическому спектру. В качестве приближений для логарифмических значений энергий используется линейные функции в виде и . Подгонка основана на методе минимизирования хи-квадрат. Были найдены коэффициенты ; а также при котором происходит

излом энергетического спектра по данным ЯКУШАЛ. При этом, были получены их погрешности. Для согласованного описания экспериментальных данных спутников и наземных установок ШАЛ по спектру и массовому составу КЛ в диапазоне высоких и сверхвысоких энергий использованы модели распространения КЛ в Галактике и внегалактической среде.
Показано, что при энергии E0=10^17.775 эВ изменяется параметр наклона кривой спектра по сравнению с диапазоном 10^16-10^17 эВ энергий. Появление «второго колена» принято связывать с переходом от галактических к внегалактическим источникам происхождения КЛ. Основываясь на данных по массовому составу КЛ в области сверхвысоких и ультравысоких энергий показано, что основной вклад в наблюдаемый поток в области энергий E<10^18 эВ вносят галактические источники. Внегалактические источники вносят заметный вклад в области E>10^19 эВ.

молодежные доклады / 4

Приемные векторы мюонного годоскопа УРАГАН

Автор: Кузьменкова Полина Сергеевна[1]

Соавторы: Полина Андреевна Сухова [1]; Иван Иванович Астапов

[1] *НИЯУ МИФИ*

Автор-корреспондент: pskuzmenkova@mephi.ru

Вариации космических лучей, наблюдаемые наземными детекторами включают в себя вариации внеземного, магнитосферного, атмосферного происхождения, аппаратурные вариации, а также случайные флуктуации. Метод приемных векторов позволяет определить анизотропию космических лучей за пределами магнитосферы, что представляет большой интерес при изучении физики солнечно-земных связей. Метод основан на совокупности метода функций связи, расчета траекторий частиц в магнитном поле, а также сферического анализа.

В работе представлены предварительные результаты расчета приемных векторов для мюонного годоскопа УРАГАН. Кроме того, приводится сравнение с результатами, полученными методом глобальной съемки сети нейтронных мониторов. Наконец, обсуждается применение метода для исследования геоэффективных событий с использованием данных о вариациях космических лучей.

молодежные доклады / 5

Эффекты солнечных затмений 4 января 2011 г и 20 марта 2015 г в вариациях фазы радиосигналов передатчика Краснодар (11,904 и 14,881 кГц) при регистрации в Якутске

Автор: Алексей Корсаков[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: korsakovaa@ikfia.ysn.ru

Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск
korsakovaa@ikfia.ysn.ru

Солнечное затмение предоставляет возможность изучения радиофизических процессов в ионосфере в условиях быстрого изменения интенсивности ионизирующего излучения при почти постоянном зенитном угле Солнца.
В г. Якутске (62,02 N, 129,70 E) проводится регистрация радиосигналов навигационных передатчиков

диапазона очень низких частот (ОНЧ: 3-30 кГц). Рассмотрены вариации фазы радиосигналов, принимаемых во время солнечных затмений 4 января 2011 г и 20 марта 2015 г от передатчика радиотехнической системы дальней навигации (РСДН-20), расположенного вблизи г. Краснодар (45,40 N, 38,15 E). Протяженность радиотрассы Краснодар –Якутск составляет 5760 км.
4 января 2011 г большая часть северной Африки, Западной Европы, Среднего Востока и Центральной Азии попали в лунную полутень с большим затенением. На линии горизонта в северной части Швеции в 08:50:35 UT наблюдалась максимальная линейная фаза затмения, которая составила 0,858. Частное солнечное затмение над Краснодаром продолжалось с 07:28 до 10:32 UT, а максимальная линейная фаза затмения в 09:00 UT составила 0,725. Лунная полутень покинула Землю в 11:00:54 UT. Лунная полутень пересекала радиотрассу Краснодар –Якутск в условиях прохождения заходного терминатора. Эффект затенения радиотрассы 04 января 2011 г. проявился в виде повышения фазовых задержек радиосигналов Краснодар с 08:24 до 10:36 UT. В максимуме (09:33 UT) регистрируемые повышения фазовых задержек составили 25° (0,428 радиан) и 32° (0,558 радиан) на частотах 11,904 и 14,881 кГц соответственно. Методом наименьших квадратов, по экспериментальным данным о вариациях фазы радиосигналов на частотах 11,904 и 14,881 кГц во время затмения определены значения нормировочного коэффициента H, связывающего изменение эффективной высоты волновода Земля-ионосфера и логарифм отношения потока солнечного излучения во время затмения к полному потоку в дневное время. Значения нормировочных коэффициентов составили 3,12+-0,21 км и 3,99+-0,24 км соответственно для радиосигналов на частотах 11,904 и 14,881 кГц.
Частное затмение Солнца 20 марта 2015 г. началось в 07:40:51 UT, а полное затмение –в 09:09 UT. Тень Луны пересекла Фарерские острова, архипелаг Шпицберген, покинула Землю на Северном полюсе в 10:21 UT. Частное затмение закончилось в 11:50:11 UT. Ширина лунной тени на поверхности Земли составила 463 км. В Краснодаре затмение наблюдалось с 09:15UT до 11:19 UT с максимальной линейной фазой 0,412 в 10:17 UT при зенитном угле Солнца 46,7°. Лунная полутень пересекала радиотрассу Краснодар –Якутск в условиях прохождения заходного терминатора. Эффект затенения радиотрассы 20 марта 2015 г. проявился в виде повышения фазовых задержек радиосигналов Краснодар с 09:36 до 11:15 UT. В максимуме (10:45 UT) регистрируемые повышения фазовых задержек составили 23° (0,401 радиан) и 22,5° (0,393 радиан) на частотах 11,904 и 14,881 кГц соответственно. Значения нормировочных коэффициентов H составили 4,76+-0,52 км и 4,69+-0,42 км соответственно для радиосигналов на частотах 11,904 и 14,881 кГц.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер госрегистрации № 122011700182-1).

молодежные доклады / 6

Эксперименты с регистрацией черенковского излучения в Якутской установке за последнее время

Автор: Станислав Матаркин[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: matarkinsv@ikfia.ysn.ru

За последние 10 лет в Якутской Установке были разработаны три детектора черенковского излучения: широкоугольный черенковский телескоп, парный интегральный детектор и детектор формы импульса ched, состоящий из четырех оптических модулей. Представлены описания, статусы приборов, и результаты, полученные за 10 лет.

молодежные доклады / 7

НАБЛЮДЕНИЕ РЕДКОГО СОБЫТИЯ ОДНОВРЕМЕННО РАСПРОСТРАНЯЮЩ

ДВУХ ГРУПП ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН

Автор: Олеся Тыщук[1]

Соавтор: Игорь Колтовской [1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: mordosova@ikfia.ysn.ru

В данной работе исследуется динамика внутренних гравитационных волн (ВГВ) в ночь на 07 февраля 2018 года, зафиксированных с помощью цифровой камеры всего неба, которая установлена на оптическом полигоне Маймага (63.04°N, 129.51°E). Были выявлены 2 группы волн, которые распространяются в различных направлениях в один промежуток времени.
Первая группа ВГВ зарегистрирована на 40 снимках в интервале времени с 10:03UT до 12:00UT. Продолжительность составляет 1 час 57 мин. Длина волны ~48 км. Фазовая скорость ~100 м/с. Период ВГВ составляет ~8 мин. Азимут распространения 1 группы ВГВ равен 330° (северо-запад).
Вторая группа ВГВ зарегистрирована на 118 снимках в интервале времени с 11:03UT до 16:57UT. Продолжительность составляет 5 часов 54 мин. Длина волны ~36 км. Фазовая скорость ~33 м/с. Период ВГВ составляет ~18 мин. Азимут распространения 2 группы ВГВ равен 280° (запад).
Свечения, полученные на изображениях во время пересечения двух различных групп ВГВ образуют подобие квадратных сегментов (сетки).

молодежные доклады / 9

Взаимосвязь высыпаний частиц из радиационного пояса Земли и космических гамма-всплесков

Автор: Дарья Морозова[1]

Соавтор: Андрей Майоров [1]

[1] *Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ*

Автор-корреспондент: dashia110999@mail.ru

В работе изучается взаимосвязь высыпаний частиц из радиационного пояса Земли и космических гамма-всплесков. Для этого используются экспериментальные измерения потоков заряженных космических лучей в эксперименте PAMELA и наблюдения гамма-всплесков обсерваторией Fermi. Оба прибора одновременно работали на околоземной орбите в период с 2008 по 2016 годы. Для поиска возможного сигнала от взаимодействия гамма-всплеска с захваченными заряженными частицами построены ежемесячные фоновые карты темпов счета детекторов время-пролётной системы прибора PAMELA. Анализировалась разница между фоновым темпом счёта и темпом счета в момент прихода гамма-всплеска (в интервале времени за несколько минут до и после). Найдено три события, когда возникает значимое отклонение темпа счёта от фоновых значений в момент прихода гамма-всплеска. Осуществлен анализ достоверности обнаруженного эффекта путем вычисления количества стандартных отклонений в распределении разницы темпов счета.

молодежные доклады / 10

Исследование вариаций темературного профиля атмосферы по данным лидара

Автор: Николай Сидоров[1]

Соавтор: Семен Титов [1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: sidorovnikolay@ikfia.ysn.ru

Исследование вариаций температурного профиля атмосферы способствует лучшему пониманию распространения внутренних гравитационных волн (ВГВ) через слои атмосферы и оценке передачи количества импульса. Что в свою очередь поможет для моделирования климата, изучения атмосферы и разработки более точных прогностических моделей для оценки изменения климата и атмосферных процессов. В данной работе исследуются вариации температурного профиля, вызванные внутренними гравитационными волнами по данным лидара. Для этого было проведены наблюдения на стратосферном лидаре, а так же обработаны полученные данные с помощью программ PHC-Viewer, Eclipse. Разработан код в программе Pycharm на языке программирования Python для вычисления вариаций температурного профиля. И визуализация этих вариаций температурного профиля на программе OriginPro. В работе мы анализируем вариации температуры лидара вызванные гравитационными волнами на высотах от 20 до 60 км. Мы концентрируемся на ночных наблюдениях, поскольку в дневное время отношение сигнал/шум недостаточно велико для расчета температуры.. Основной акцент работы сделан на сравнении параметров ВГВ до, вовремя и после внезапных стратосферных потеплений.

молодежные доклады / 18

Численное моделирование нестационарных авроральных структур в высокоширотной ионосфере методом PIC

Автор: Илья Варламов[1]

[1] *Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

Автор-корреспондент: varlamovi@mail.ru

В современных исследованиях крупномасштабных волн диффузного свечения, возникающих на высотах ионосферы на экваториальной границе овала полярных сияний, превалирует представление о связи формирования волновых структур с субавроральным поляризационным потоком как следствие генерации магнитосферного электрического поля на стыке границ плазменного слоя и внешней плазмосферы. Синхронные измерения со спутников DMSP в периоды регистрации волн диффузного свечения структур на спутнике TIMED показали, что необходимыми условиями для генерации крупномасштабных структур свечения в пределах диффузного аврорального овала являются высокие дрейфовые скорости (>1000 м/с) и их резкий сдвиг по широте (>0.1 с-1). Отсюда следует, что по данным наземных оптических наблюдений возможно исследование субавроральных явлений, которые связаны с проникновением электрического поля магнитосферной конвекции в область плазмосферы во время магнитных возмущений. Для получения полной картины формирования крупномасштабных волн диффузного свечения необходимо проведение численного моделирования волновых структур.
Используя метод PIC (Particle in cell) получили код для моделирования электростатических двумерных плазменных систем. Протестировали код, моделируя двумерную неустойчивость Кельвина-Гельмгольца, и получили результаты, согласующиеся с опубликованными результатами в [Yamamoto et al., JGR, 1991] об изменении электрического потенциала в фазовом пространстве.

лекции / 12

Естественные радиоизлучения

Автор: Владимир Козлов[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: vkozlov@ikfia.ysn.ru

Радиоизлучения естественного происхождения (Рекомендация МСЭ-R P.372-11 (09/2013) - Радиошум) занимают практически весь диапазон, доступный наблюдениям человека. Источником их служат геомагнитные колебания (самые низкочастотные шумы от десятков миллигерц), атмосферное электричество (от единиц герц до десятков мегагерц), процессы при прохождении космических лучей через атмосферу Земли (от 20 до 100 МГц. В более высоких диапазонах –это радиошумы Галактики и более далекого космоса.
В нашем институте наблюдения естественных радиошумов ионосферно-магнитосферного происхождения ведутся от периодов 10 мГц до 34 Мгц и в оптическом диапазоне. Эти исследования и освещены в данном докладе.

молодежные доклады / 11

ЧЕРЕНКОВСКИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ НА ЯКУТСКОЙ КОМПЛЕКСНОЙ УСТАНОВКЕ ШАЛ

Автор: Валентина Мохначевская[1]

Соавтор: Станислав Кнуренко [1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: valyamokh@yandex.ru

В данной работе анализируются ливни, зарегистрированные на черенковских дифференциальных детекторах, в области энергий выше 10^17 эВ. Сигналы от детекторов позволили определить количество фотонов, приходящих с определенной высоты в атмосфере, и, таким образом, восстановить продольное развитие ливня - каскадную кривую ливня и ее параметры, включая Хмах. Проведено сравнение характеристик ливней с моделью QGSjetII-04, рассчитанной для протона и ядра железа и построен спектр космических лучей с энергией выше 10^17 эВ.

молодежные доклады / 13

Измерения поляризационного джета по спутниковым измерениям и по данным Якутской ионосферной станции

Авторы: Спиридон Данилов[1]; Александр Степанов[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: danilov@ikfia.ysn.ru

Представлены результаты одновременных измерений поляризационного джета на наземной станции вертикального радиозондирования в Якутске и узких провалов электронной плотности или быстрых дрейфов ионосферной плазмы на запад со спутников серии DMSP. Обрабатываются спутниковые и наземные данные начиная с 1989 до 2015 г.. Чтобы проверить наземные и спутниковые данные видят одно явление, мы искали по спутниковым данным в диапазоне 1:30ч. от времени регистрации поляризационного джета наземной станцией. Из результатов многолетних одновременных спутниковых и наземных следует, что наличие характерных дополнительных следов отражений на ионограммах указывает на присутствие узких и быстрых дрейфов ионосферной плазмы или поляризационного джета вблизи зенита станции наблюдения. Кроме того, в отдельных случаях показано, что длительность поляризационного джета на субавроральных широтах может достигать 8 часов или 120 градусов по долготе.

молодежные доклады / 17

Выявление параметров атмосферных волн по данным оптических измерений

Автор: Александра Пермякова[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: permyakova060199@mail.ru

Одним из основных параметров, играющих важную роль в динамике состояния верхней атмосферы, являются волновые процессы, а именно горизонтальное и вертикальное движение внутренних гравитационных волн в средней и верхней атмосфере. Эти волны генерируются у поверхности Земли в результате разных событий таких как землетрясение, цунами, движение воздушных масс, огибание ветром горных ветров итд. Далее эти волны должны распространяться вверх по атмосфере, при этом становятся переносчиками энергии и импульса из нижележащих слоев в верхние. Однако по последним работам известны случаи распространения внутренних гравитационных волн (ВГВ) сверху вниз, что является, несомненно, очень интересным моментом. Было показано что эти волны могут генерироваться при распаде более крупных волн на высотах мезосферы и нижней термосферы. Другим источником распространения в обратную сторону может являться отражение волн от ионосферы. Чтобы зарегистрировать и наглядно посмотреть вертикальное и горизонтальное движение ВГВ на помощь идут оптические инструменты, такие как камеры всего неба. При установке разных фильтров можно наблюдать за движением этих волн на разных высотах. То есть визуализация волновых структур в разных эмиссиях свечения ночного неба.
Данный прибор имеет инфракрасный фильтр и регистрирует ВГВ по эмиссии гидроксила. Расположен на стационарной точке, на полигоне «Маймага» и работает непрерывно с конца 90-х годов.
Для визуализации и обработки данных камер всего неба был использован метод обработки – временное дифференцирование (Time Differencing). Суть метода заключается в следующем: строится картина разности интенсивностей двух различных кадров. При этом неподвижные объекты, Полярная звезда, континуум ночного неба, вычитываются, и остается картина движения неоднородности ночного неба между выбранными кадрами.
В данной работе представлен статистический анализ данных оптического прибора. Приводятся определенные параметры ВГВ за 2013 по 2015 года. Были определены такие параметры как: период волны, длина волны, скорость распространения, направление распространения, время и продолжительность наблюдения.

Литература

1. Шефов, Н.Н. А.И. Семенов, В.Ю. Хомич. Излучение верхней атмосферы - индикатор ее структуры и динамики - М.: ГЕОС, 2006.¬–С. 506-507.

2. Шефов, Н.Н. Высота излучающего слоя атмосферной системы молекулярного кислорода / Н.Н. Шефов // Полярные сияния и свечение ночного неба. –1975. –№ 23. –С. 54–58.

3. Гаврилов, Н.М. Тепловой эффект внутренних гравитационных волн в верхней атмосфере / Н.М. Гаврилов // Изв. АН СССР Физ. атмосф. и океана. –1974. –Т. 10. –№ 1. –С. 83–84.

4. Гаврильева, Г.А. Наблюдения распространения гравитационных волн в инфракрасном свечении всего неба / Г.А. Гаврильева, П.П. Аммосов // Геомагнетизм и аэрономия. –2001. –Т. 41. –№ 3. –С. 363-369.

5. Красовский, В.И. Внутренние гравитационные волны вблизи мезопаузы. 1. Результаты исследований гидроксильной эмиссии / В.И. Красовский, Б.П. Потапов, А.И. Семенов, В.Г. Соболев, М.М. Шагаев, Н.Н. Шефов // Полярные сияния и свечение ночного неба. –1978. –№ 26. –С. 5–29.

молодежные доклады / 20

Биофизические мониторинговые наблюдения функционального состояния здоровых людей с использованием программно-аппаратного комплекса «Фазаграф».

Автор: Manykina Veronika[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: manykina_vi@ikfia.ysn.ru

В данной статье рассматривается пример исследования актуальной проблемы глобального влияния космической погоды на здоровье человека с использованием новых информационных технологий, разработанных в ИПММС НАНУ и прошедших успешную апробацию в гелиобиофизических мониторинговых экспериментах. Основными преимущества данной технологии являются: неинвазивная методика исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека с использованием программно-аппаратного комплекса «Фазаграф», измеряющего сигнал, сходный с ЭКГ-сигналом первого отведения; единовременное проведение мониторинга на удаленных пунктах наблюдения; единый протокол исследования и единая система взаимодействия между исследовательскими группами на уровне обмена «первичными» данными; одновременная обработка экспериментальных данных всех разноширотных геобиофизических мониторингов на удаленном портальном сервере. В результате исследования получены данные, подтверждающие глобальное воздействие на сердечно-сосудистую систему человека в пунктах наблюдения, удаленных на расстояние порядка 6000 км друг от друга.
Ключевые слова: космическая погода, Фазаграф, сердечно-сосудистая система, ЭКГ-сигнал первого отведения.

лекции / 19

Модернизация Якутской комплексной установки ШАЛ

Автор: Константин Лебедев[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: lebedevkg@ikfia.ysn.ru

Современные исследования космических лучей сверхвысоких энергий требуют все большего повышения точностей амплитудных и временных измерений, а также стабильной и непрерывной работы всей системы регистрации.
В докладе будет представлен обзор текущих и запланированных на ближайшие 2 года работ на Якутской установке ШАЛ:
• обновление, стандартизация, учет электроники установки
• запуск новой системы регистрации, которая обеспечит

- повышение точности определения направления оси ливня ~ в 7 раз
- повышение точности определения плотностей ливня (для диапазона 10^4) на ~6%
- автоматизированное слежение за состоянием установки
- гибкое управление триггером установки
- программное управление механизмами черенковских детекторов и в последующем напряжением питания ФЭУ
- непрерывный удаленный контроль за состоянием электроники станций, центрального регистратора, системы электропитания

• создание базы данных ШАЛ, включающей данные за все время работы Якутской установки
• уточнение привязки энергетической шкалы к уровню вертикального мюона
• повышение надежности и упрощение калибровки интегральных детекторов черенковского излучения
• оснащение динодными усилителями (временным каналом) всех мюонных детекторов, что позволит изучить пространственное распределению жесткой компоненты ШАЛ и повысит точность определения направления оси ливня.
• увеличение регистрирующей площади действующих мюонных детекторов на 5м^2 каждый
• восстановление площади установки до 8 км^2 (17 ст)
• восстановление станций сгущения установки (10 ст)
• оснащение динодными преобразователями (интегратор + АЦП) наземных станций, что обеспечит повышение точности определения плотностей в ливне на 5% для динамического диапазона 10^4

молодежные доклады / 3

Заряженные компоненты космических лучей в методе спектрографической глобальной съемки

Автор: Иван Ковалев[1]

Соавторы: Марина Кравцова [1]; Сергей Олемской [1]; Валерий Сдобнов [1]

[1] *ИСЗФ СО РАН*

Автор-корреспондент: ivankov@mail.iszf.irk.ru

В последнее время для решения задач солнечно-земной физики все больше применяются детекторы заряженных компонент вторичных космических лучей, такие, как мюонные телескопы. Эти детекторы обладают чувствительностью к более высоким энергиям первичных космических лучей, чем нейтронные мониторы. При использовании детекторов заряженных частиц для получения информации о межпланетных и магнитосферных вариациях космических лучей в их данные обычно вводятся температурные поправки. Нами представлен альтернативный подход к решению проблемы температурного эффекта. Описаны основные принципы внедренных модификаций метода спектрографической глобальной съемки, позволяющие использовать заряженные компоненты космических лучей для решения задач солнечно-земной физики без введения поправок на температурный эффект. В качестве дополнительной информации модификация метода спектрографической глобальной съемки позволяет получать среднемассовую температуру атмосферы в пунктах регистрации заряженных компонент.

молодежные доклады / 14

Естественные потенциалы и температура грунта в центральной Якутии.

Автор: Alexey Vasiliev[1]

Соавтор: Юрий Григорьев [2]

[1] *ИКФИА СО РАН*

[2] *Академия наук Республики Саха (Якутия), Северо-восточный федеральный университет*

Авторы-корреспонденты: vasilalex87@mail.ru, grigyum@yandex.ru

Авторы: Васильев А.А., *Павлов Е.А.*, Григорьев Ю.М., ***ИКФИА СО РАН,**Академия РС(Я), **ФТИ СВФУ

Естественные потенциалы и температура грунта в центральной Якутии.

Рассмотрены сезонные и межгодовые вариации естественных потенциалов на двух площадках и на модельных деревьях в криолитозоне на полигоне ИКФИА СО РАН около г. Якутска. Одна площадка - заболоченный участок (марь), а вторая - «сухой» участок. Вариации естественных электрических потенциалов в течении годового сезона на участке с марью ~120 мВ/100м. Максимальная вариация наблюдается весной, во время схода снежного покрова из-за резкого увлажнения верхнего слоя грунта. На «сухом» участке вариация составляет менее 40 мВ/100м. Переход от летних значений к зимним для естественных потенциалов происходит в ноябре. Обратный переход от зимних условий к летним происходит с третьей декады апреля, в течении мая. Эти весенне-осенние переходы обусловлены промерзанием верхнего слоя грунта, оттаивающего в летних условиях и соответствующих изменений электрических свойств грунта. Под городом Якутском вечная мерзлота имеет мощность 200-250 м, а ее температура от -2° С до -8° С. Глубина протаивания для окрестностей г. Якутска 1,4–3 м, а в лесу 1 м. На глубине 1,5 м самая низкая температура грунта наблюдается 16.01-08.03. Промерзание на этой глубине происходит в ноябре, температура грунта меняется от 0 до -11° С. Верхний слой грунта (0,5 м) талый 17.04-30.10. Температура грунта (0,5 м) при отрицательной температуре воздуха меняется от -20 до +1° С. Летом температура грунта на этих глубинах прогревается до +14° С.

При достижении молнии земли, ее ток, растекающийся в проводнике –грунте, с высоким сопротивлением, сопровождается появлением сильного электрического поля, что приводит к его пробою, появляются искры и даже кратковременные дуги. То есть, ток молнии, стекая по дереву в почву, проходит сквозь слои опада, подстилки и вызывает их загорание. Корневая система дерева выступает в роли заземлителя. Сопротивление корневой системы дерева, как заземлителя, зависит от состава почвы и ее влажности. При токе молнии 100 кА и более радиус зоны образования искр на песчаной почве может достигать 20 м, а на глинистой почве составляет лишь 30 см. Измерения, проведенные в сентябре 2022 года, показали величины сопротивления заземлений корневой системы: для сосны, растущей в сухом месте от 3 до 4 кОм, для лиственницы, растущей в сухом месте, от 3 до 3,5 кОм, для лиственницы, растущей во влажном грунте, от 3 до 7 кОм*м.

молодежные доклады / 21

Повторные грозовые разряды в Якутии с временным интервалом между компонентами менее 5 мс

Автор: Лена Тарабукина[1]

Соавторы: Владимир Козлов [1]; Юрий Григорьев [2]

[1] *ИКФИА СО РАН, Академия наук Республики Саха (Якутия)*

[2] *Академия наук Республики Саха (Якутия), Северо-восточный федеральный университет*

Автор-корреспондент: tarabukina@ikfia.ysn.ru

Считается, что большинство молний являются многокомпонентными (около 80%), т.е. через в среднем около 40 мс происходят повторные грозовые разряды по плазменному каналу первого разряда или по новому каналу в среднем 3-4 раза с зарегистрированным максимумом до 20 раз. Положительные молнии между облаком и землей чаще всего имеют один длительный разряд. Особый интерес представляют молнии с компонентами, повторяющимися через менее десятка миллисекунд. Такие грозовые разряды могут нести большую опасность для магистральных линий наравне с продолжительными разрядами (длительностью одной компоненты в сотни миллисекунд), для которых защита от грозовых перенапряжений проектируется с учетом среднестатистических данных. Автоматизированные системы грозопеленгации в очень низкочастотном диапазоне часто не регистрируют слабые импульсы повторных разрядов или принимают облачные разряды в качестве наземных и при этом выдают завышенную долю одиночных молний –до 40%.
В работе представлены результаты наблюдений многокомпонентных молний с интервалами в менее 5 мс, для чего использованы данные мировой сети World wide lightning location network (WWLLN) за 2015–2022 гг., сети индикаторов грозовой опасности Alwes в междуречье рек Лены и Вилюя в 2022 г. и данные однопунктового грозопеленгатора Stormtracker Boltek

Corp. за период 2009–2022 гг. Рассматриваемая территория –56-74° с.ш., 105-160° в.д. Условия отбора сигналов: расстояние между зарегистрированными грозовыми разрядами, которые считаем компонентами одной молнии –до 30 км, временной интервал –до 200 мс. Отбрасывались те сигналы, для которых не определялась системой выделенная энергия или амплитуда. Согласно выставленному условию, сеть WWLLN регистрировала до 11 повторных компонент молнии. Ожидаемо, что чаще всего регистрировались молнии с 2 разрядами, которые по количеству превышали в 4–5 раз молнии с 3 разрядами. За 8 лет регистрации годовое распределение интервала по времени имело 2 моды –до 5 мс и около 40 мс. Интервал до 5 мс встречался в 20–26% случаев по данным WWLLN. Дальность между последовательными компонентами, определяемая системой менее 1 км, составила 87-93%, что говорит о хорошей точности системы, для которой в 2012 г. актуальна была оценка точности определения места удара молнии в менее 5 км. Сеть индикаторов Alwes в 2022 г. регистрировала повторные разряды многокомпонентных молний в 42,8% всех разрядов. Двухкомпонентные молнии встречались в 26% случаев. Интервалы длительностью менее 5 мс составили 2,2%, а мода стандартно пришлась на интервал около 35 мс. Видеозапись ночной грозы 1 июля 2020 г. подтверждает, что в пределах 16 мс могут возникать повторные грозовые разряды из одной заряженной ячейки в облаке с разными плазменными каналами.

молодежные доклады / 22

Оценка систематической ошибки измерения энергии космических лучей по данным Якутской установки широких атмосферных ливней

Автор: Александр Боякинов[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: boyakinov@ikfia.ysn.ru

Оценка систематических ошибок измерения энергии и углов прихода космических лучей играет важную роль в надежном восстановлении параметров широких атмосферных ливней по экспериментальным данным. В работе использовано зенитно-угловое распределение частоты событий широких атмосферных ливней, измеренное на Якутской установке в области энергии астрочастиц выше 18-го порядка электрон-вольт, для оценки систематической ошибки определения энергии первичной частицы широких атмосферных ливней в предположении изотропного распределения направлений прихода космических лучей в этой области. Проанализированы три варианта метода оценки энергии первичной частицы ШАЛ, которые применялись в группе Якутской установки. Численное моделирование методики с помощью метода Монте-Карло позволило получить из экспериментальных данных верхний предел систематической ошибки определения энергии первичной астрочастицы по данным Якутской установки ШАЛ для трех вариантов алгоритма оценки энергии: $\delta E0<2\%$; 9%; 4%.

молодежные доклады / 16

Среда для моделирования жизни космических лучей в магнитосфере земли и её практическое применение

Автор: Рустам Юлбарисов[1]

[1] *НИЯУ МИФИ*

Автор-корреспондент: starwarskust@gmail.com

В работе представлена программная среда для моделирования “жизни”космических лучей в околоземном пространстве, т.е. расчёта совокупности физических процессов, в которых

может участвовать частица, оказавшаяся в магнитосфере и атмосфере Земли. Моделирование основано на расчете траекторий частиц, реализованное путём численного решения уравнения движения в электромагнитном поле методом частица-в-ячейке по схеме Бунемана-Бориса [1]. Созданная программная среда включает в себя различные модели магнитного поля Земли: IGRF-13, Tsyganenko89, 96, CHAOS-7.9 и другие. Моделирование взаимодействия частиц с атмосферой осуществляется с помощью пакета Geant4, а для получения информации о среде используются модели атмосферы и ионосферы: NRLMSISE00 и IRI. Начальные условия частиц для их трассировки разыгрываются Монте-Карло генератором потока космических лучей, работа которого основана на экспериментальных измерениях спектров космических лучей, выполненных в экспериментах PAMELA и AMS-02.

В настоящее время программная среда позволяет моделировать CRAND процесс, поведение квази-захваченных и precipitated частиц, восстанавливать спектры альбедных частиц, вычислять жесткость геомагнитного обрезания в разных точках Земли. Будут показаны некоторые результаты расчетов указанных процессов и явлений.

[1] Vay J. L. // Phys. Plasmas 15 056701, 2008.

молодежные доклады / 23

Исследование динамики концентрации метана по данным спектрометра TROPOMI над Западной, Восточной Сибирью и Дальним Востоком

Автор: Вадим Стародубцев[1]

[1] *ИКФИА СО РАН*

Автор-корреспондент: starodubjr@ikfia.ysn.ru

В работе была выбрана территория над Западной, Восточной Сибирью и Дальним Востоком (52°-85° с.ш. 60°-170° в.д.) для исследования пространственно-временных вариаций распределения атмосферного метана по данным спектрометра TROPOMI за период 2018–2022 гг. (май-сентябрь). Для анализа качества данных построена карта плотности покрытия снимками TROPOMI исследуемой территории и карта распределения усреднённых значений концентрации метана. Рассматриваемая территория была разделена на северную (66°-85° с.ш.) и южную зоны (52°-66° с.ш.). По результатам проведенного анализа за исследуемый период 2018-2022 гг. выявлена тенденция к росту концентрации метана по данным TROPOMI. Показано, что уровень концентрации метана над северной зоной выше, чем над южной. Были проведены исследования динамики концентрации метана над гарями, а также над участками, не подвергшимся воздействию лесных пожаров. Показано, что над гарями концентрация метана выше, чем над не горевшими участками.