Федеральное агентство научных организаций

Российская академия наук

Полярный геофизический институт

При финансовой поддержке





ФАНО России
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АРКТИКЕ

Всероссийская конференция

19-23 сентября 2016, г. Мурманск

Сборник тезисов

Апатиты
2016

Организационный комитет:

Сафаргалеев Владимир (председатель)
Орлов Константин (зам. председателя)
Сахаров Ярослав
Григорьев Валерий
Миличенко Александр
Кильцов Артем

Программный комитет:

д.ф.-м.н. Козелов Б.В., председатель (ПГИ)
член-корр.АН Петрукович А.А., зам. председателя (ИКИ РАН)
член-корр.АН Потехин А.П. (ИСЗФ СО РАН)
д.ф.-м.н. Терещенко Е.Д. (ПГИ)
д.ф.-м.н Сафаргалеев В.В. (ПГИ)
д.ф.-м.н Кузнецов В.Д. (ИЗМИРАН)
д.ф.-м.н Трошичев О.А. (ААНИИ)
д.ф.-м.н. Стародубцев С.А. (ИКФИА РАН)
д.ф.-м.н. Пилипенко В.А. (ИФЗ РАН)
д.ф.-м.н Мингалев В.С. (ПГИ)
д.ф.-м.н.Воробьев В.Г. (ПГИ)
д.т.н. Кулешов Ю.В. (ВКА им. Можайского)
к.т.н. Ляхов А.Н. (ИДГ РАН)

Адрес

ул. Халтурина д. 15
Мурманск, 183010,
РФ

Редакторы:

Н.Н. Сафаргалеева
Н.В. Семенова

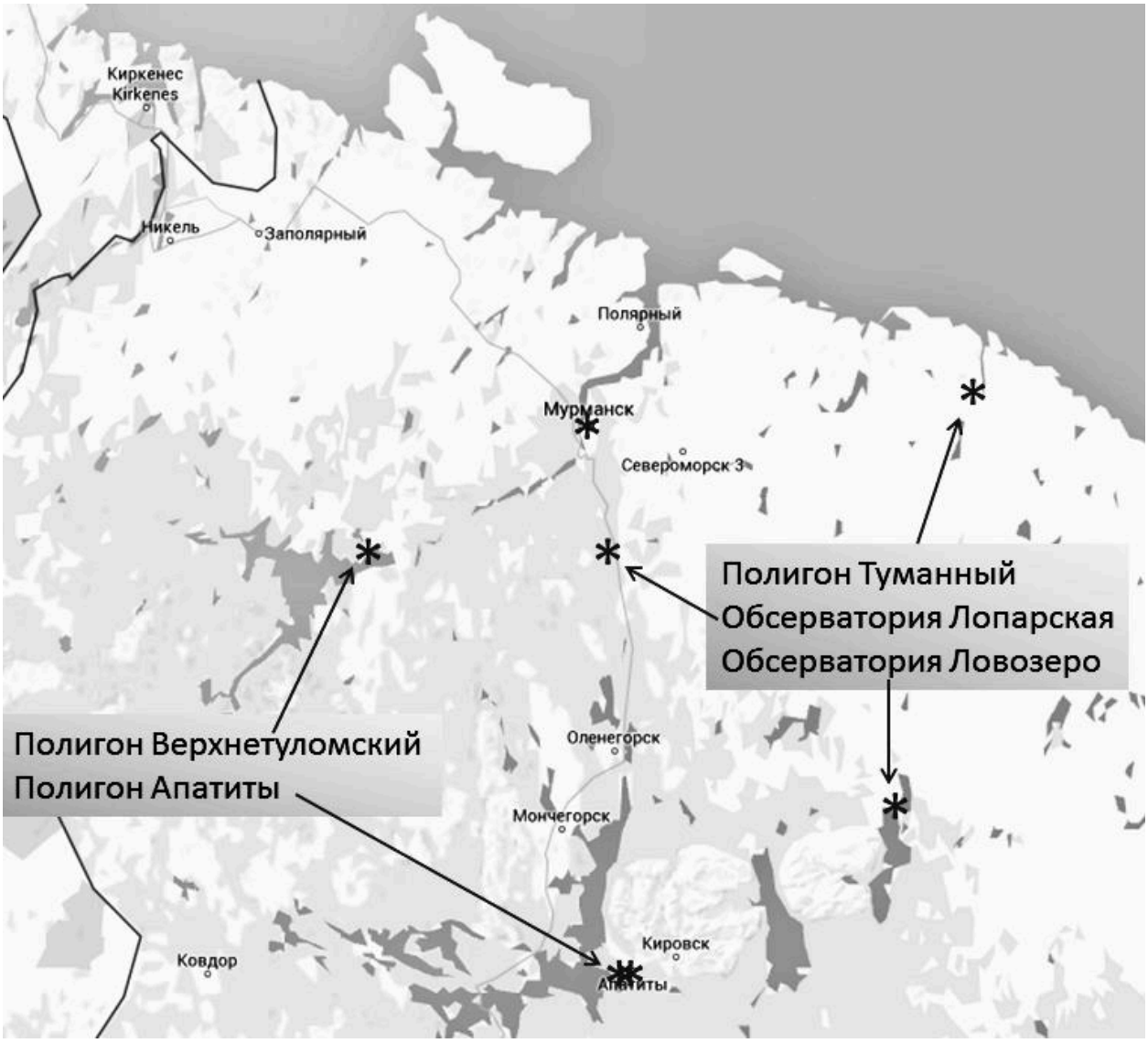
http://pgia.ru/gelio_in_arctic/

© Полярный геофизический институт, 2016

ПОЛЯРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Полярный геофизический институт (ПГИ) было основано постановлением Президиума РАН от 11 октября 1960 года для исследования физических процессов в области высоких широт.

ПГИ расположен в городах Мурманске и Апатитах (Кольский полуостров). Основные обсерватории ПГИ находятся в пос. Ловозеро (Кольский полуостров) и вблизи пос. Баренцбурге (архипелаг Шпицберген). На Кольском полуострове наблюдения также проводятся на радиофизических полигонах Верхнетуломский и Туманный, в обс. Лопарская, на стратосферном полигоне и пункте приема космических лучей в Апатитах.



Тематика научных исследований ПГИ включает следующие основные направления:

1. Исследование актуальных проблем оптики полярных сияний и прецизионные оптические измерения в области высоких широт;

2. Исследование современных проблем радиофизики и акустики, в том числе фундаментальных основ радиофизических и акустических методов связи, локации и диагностики, изучение нелинейных явлений;
3. Исследование современных проблем физики плазмы, включая физику астрофизической плазмы (солнечный ветер) и низкотемпературной (ионосферной) плазмы;
4. Исследование современных проблем ядерной физики, включая астрофизические и космологические аспекты (физика космических лучей);
5. Исследование космического пространства, планет, Солнца и солнечно-земных связей.

Научная и прикладная деятельность ПГИ включает в себя разработку и передачу пользователям технических инноваций для высокоширотных гео- и радиофизических наблюдений, мониторинг геомагнитных вариаций в широком частотном диапазоне, мониторинг космических лучей, мониторинг атмосферы Арктики и другие задачи в области физики высоких широт, что обусловлено местонахождением Института.

ПГИ является организатором ежегодного международного семинара «Физика авроральных явлений», который пользуется большой популярностью среди научного сообщества России и зарубежных стран. Семинар проводится в Апатитах в феврале-марте. Программа семинара включает секции по магнитным бурям и суббурям, полярным сияниям, космическим лучам, солнечно-земным связям. В следующем, 2017-ом году семинар отметит свой 40-летний юбилей.

Конференция «Гелиогеофизические исследования в Арктике» проводится Полярным геофизическим институтом с 19 по 23 сентября 2016 в городе Мурманске. Основная цель конференции - способствовать координации научных исследований, регулярных наблюдений и наблюдательных кампаний, проводимых институтами ФАНО как самостоятельно, так и в кооперации с другими российскими научными организациями. Российский фонд фундаментальных исследований и Федеральное агентство научных организаций выделили гранты на организацию и проведение конференции. Идея проведения конференции была поддержана Отделением физических наук РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

О.В. Антоненко, А.С. Кириллов, Ю.Н. Куликов	Процессы релаксации возбужденных электронных уровней молекулярного кислорода в верхних атмосферах планет земной группы	09
Н.А. Бархатов, Е.А. Ревунова, А.Б. Виноградов, Р.В. Романов	Суббуревая геомагнитная активность, связанная с элементами магнитных облаков	10
Н.А. Бархатов, В.Г. Воробьев, С.Е. Ревунов, О.И. Ягодкина, А.Б.Виноградов	Демонстрация отражения динамики параметров солнечного ветра в процессе формирования суббуревой активности с помощью интеллектуального инструмента	11
В.Б. Белаховский, В.А. Пилипенко, Л. Бэддли, Я.А. Сахаров, С.Н. Самсонов	Геомагнитный и ионосферный отклик на SSC событие по данным комплексных наблюдений	12
Н.Ф. Благовещенская, Т.Д. Борисова, А.С. Калишин, Т.К. Йоман, И. Хаггстрем	Явления в высокоширотной F-области ионосферы, вызванные воздействием мощных КВ радиоволн необыкновенной поляризации комплекса EISCAT/HEATING	13
В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина	Модели авроральных высыпаний и их использование для мониторинга состояния магнитосферы и ионосферы	14
А.А. Галахов, В.В. Пчелкин	Наблюдения характеристик атмосфериков в условиях высоких широт	15
Г.В. Гивишвили, Н.П. Данилкин, С.В. Журавлев, И.В. Крашенинников, Н.Г. Котонаева, В.Б. Лапшин, И.В. Романов	Мониторинг арктической ионосферы с высокоэллиптических спутников «Арктика-М»	16
Г.В. Гивишвили, Л.Н. Лещенко	Аномальные отражения ионосферы	17
Е.С. Гончаров, А.Н. Ляхов, Т.В. Лосева	Влияние рентгеновских солнечных вспышек на собственные частоты Шумановского резонанса	18

Г.А. Жеребцов, А.П. Потехин, К.Г. Ратовский, А.В. Медведев, Д.С. Кушнарев и др.	Космическая погода в марте-апреле 2016 года (по данным гелиогеофизического комплекса ИСЗФ СО РАН)	19
Н.В. Иванов	Диагностика высокоширотной ионосферы по совместным данным РТУ и измерителям магнитного поля	20
Д.И. Иудин	Универсальные сценарии коллективной динамики активных геофизических систем	21
Н.В. Калитёнков, А.В. Гурин, В.И. Милкин, А.Е. Шульженко	Мобильный аппаратурно-программный комплекс для исследования искажений частотного спектра радиосигналов КВ диапазона в высоких широтах	22
Н.В. Калитёнков, А.В. Гурин, В.И. Милкин, А.Е. Шульженко	Комплекс для мониторинга ионосферных радиоканалов МИР в Арктике	23
А.С. Кириллов, Р. Вернер, В. Гинева	Кинетика метастабильного молекулярного азота на высотах верхних атмосфер планет солнечной системы	24
Б.В. Козелов, В.Е. Иванов	Диагностика характеристик высыпающихся электронов по пространственно-распределенным наблюдениям полярных сияний	25
А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, С.В. Пильгаев, Ю.В. Федоренко	Мониторинг состояния нижней ионосферы с использованием электромагнитных возмущений от молниевых разрядов в качестве зондирующего сигнала	26
В.П. Лебедев, К.А. Кутелев, К.В. Гркович, Д.С. Кушнарев, О.И. Бернгардт	Первые результаты исследования высокоширотного ионосферного радиоэхо в УКВ и КВ диапазонах по данным радаров ИСЗФ СО РАН	27
О.М. Лебедь, С.В. Пильгаев, А.С. Никитенко, Ю.В. Федоренко	Результаты наземных наблюдений и моделирования поля ионосферного ОНЧ источника в экспериментах по нагреву ионосферы мощным КВ сигналом	28
В.С. Мингалев	Применение разработанных в полярном геофизическом институте математических моделей для исследования особенностей распространения коротких радиоволн в высокоширотной ионосфере	29
И.В. Мингалев, К.Г. Орлов, В.С. Мингалев	Исследование особенностей циркуляции арктической атмосферы при помощи пространственно трехмерных численных моделей, разработанных в полярном геофизическом институте	30

А.А. Намгаладзе, М.А. Князева, М.И. Карпов, О.В. Золотов	Физико-математическое моделирование как альтернатива наблюдениям в Арктике	31
С.В. Николашкин, С.В. Титов	Аэрозольное содержание стратосферы над Якутском во время солнечных протонных событий в январе и марте 2012 г	32
А.Г. Павельев, В.М. Смирнов, С.С. Матюгов, О.И. Яковлев	Спутниковая радиоголография для изучения связей между процессами в атмосфере и ионосфере Арктики и северных регионов России	33
В.А. Пилипенко, В.Б. Белаховский, Я.А. Сахаров	Характеристики вариабельности геомагнитного поля для исследования воздействия геомагнитных бурь на электроэнергетические системы	34
А.В. Ролдугин, С.В. Пильгаев, В.К. Ролдугин	Непосредственное вторжение солнечных протонов через касп во время внезапных начал магнитных бурь по наблюдениям в Баренцбурге	35
В.К. Ролдугин, А.В. Ролдугин, Н.Г. Клеймёнова	Наблюдения в высоких широтах северного полушария световых вспышек, вызванных молниевыми разрядами в южном полушарии	36
Н.Ю. Романова	Сходство параметров мелкомасштабных неоднородностей в F-области высокоширотной и среднеширотной ионосферы	37
В.В. Сафаргалеев, В.М. Митрофанов, А.В. Ролдугин, С.В. Пильгаев	Сияния в мантии: оптический «след» пересоединения?	38
С.И. Свертилов, А.Ф. Июдин, В.В. Богомолов, Г.Г. Гарипов, И.А. Максимов, А.К. Маркелова, В.И. Оседло, Д.М. Шифрин, И.В. Яшин	Высокоэнергичные излучения электромагнитных разрядов в полярном регионе по данным наземных и космических экспериментов	39
Н.В. Семенова, Т.А. Яхнина, А.Г. Яхнин	Глобальное распределение высыпаний энергичных протонов к экватору от изотропной границы	40
Е.Д. Терещенко, А.Е. Сидоренко, В.Ф. Григорьев	Влияние солнечного затмения 20 марта 2015 г. на условия распространения СНЧ волн на высокоширотной трассе	41
Е.Д. Терещенко, Р.Ю. Юрик	Изменение формы спектра искусственного радиоизлучения ионосферы в зависимости от длительности нагревных импульсов	42
О.А. Трошичев	Полярный геофизический центр ФГБУ "ААНИИ": Задачи, возможности, перспективы	43

О.А. Трошичев, Д.А. Сормаков	PC индекс как индикатор входящей в магнитосферу энергии солнечного ветра: развитие магнитных возмущений	44
В.В. Удриш, В.М. Смирнов, А.В. Тертышников, Я.В. Глухо, Д.С.Ковалев, П.А. Тимофеев, Г.В. Коваленко, А.А. Окатьев	Зондирование аврорального овала с НИС «Профессор Молчанов» и «Академик Федоров» по сигналам КА ГЛОНАСС/GPS	45
М.А. Челпанов, П.Н. Магер, О.И. Бернгардт, О.В. Магер, Д.Ю. Климушкин	Экспериментальные свидетельства дрейфово-компрессионных волн в магнитосфере	46
С.А. Черноус	Приоритетные результаты исследований полярных сияний в России	47
С. Черноус, Ю. Шагимуратов, М. Филатов, М. Швец, Ю. Федоренкко, И. Ефишов, И. Иевенко, Н. Калитенков	Овал полярных сияний как диагностическое средство пространственно-временного распределения неоднородностей ПЭС в Арктике	48
С.М. Черняков, В.А. Терещенко, О.Ф. Оглоблина, Е.Б. Васильев, А.Д. Гомонов	Ионосферные эффекты в D-области ионосферы высоких широт во время полного солнечного затмения 20 марта 2015 г.	49
Н.В. Ягова, О.В. Козырева, А. Козловский	Спектральные параметры пульсаций диапазона Pc5/Pi3 по результатам наземных измерений геомагнитных пульсаций и высокочастотных колебаний плотности ионосферы по данным обс. Соданкюля	50
Н.В. Ягова, А.Д. Лхамдондог, Ю.П. Гусев, В.А. Пилипенко, Е.Н. Федоров	Анализ фоновых и экстремальных вариаций горизонтальных компонент геомагнитного поля как источника геоиндуцированных токов на авроральных и субавроральных широтах	51
А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина, Т. Райта, Ю. Маннинен	О роли ЭМИЦ волн в генерации высыпаний релятивистских электронов	52
А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина, Н.В. Семенова, Б.Б. Гвоздевский, А.Б. Пашин	Три типа высыпаний релятивистских электронов по данным спутников NOAA POES	53

ПРОЦЕССЫ РЕЛАКСАЦИИ ВОЗБУЖДЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УРОВНЕЙ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА В ВЕРХНИХ АТМОСФЕРАХ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

О.В. Антоненко, А.С. Кириллов, Ю.Н. Куликов

Полярный геофизический институт (ПГИ), г. Апатиты, Россия, antonenko@pgia.ru

Обсуждаются процессы релаксации электронно-возбужденных состояний молекулярного кислорода в атмосферах планет земной группы на высотах свечения ночного неба, где из-за диссоциации O_2 солнечным УФ-излучением наблюдаются относительно высокие концентрации атомарного кислорода. Рассмотрены процессы возбуждения атомарного кислорода в метастабильные состояния ^1D, ^1S при вторжении высокоэнергичных частиц в атмосферу. Обсуждаются принципиальные различия кинетики возбуждения электронных уровней энергии кислородных составляющих в атмосфере Земли и атмосферах Венеры и Марса. Рассчитанные константы гашения колебательных уровней электронно-возбужденных состояний молекулярного кислорода сравниваются с экспериментальными данными для условий ночного свечения этих атмосфер.

СУББУРЕВАЯ ГЕОМАГНИТНАЯ АКТИВНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ МАГНИТНЫХ ОБЛАКОВ

Н.А. Бархатов[1], Е.А. Ревунова[2], А.Б. Виноградов[1], Р.В. Романов[1]

[1]*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина, Нижний Новгород*
[2]*Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород*
nbarkhatov@inbox.ru

Выполнено исследование суббуревой геомагнитной активности, связанной с турбулентными оболочками быстрых магнитных облаков солнечного ветра, следующих за их ударными волнами. Предположено, что геомагнитная активность обусловлена замагниченным солнечным ветром, изменившимися в результате воздействия на него ударных волн магнитных облаков, опережающих солнечный ветер для быстрых событий. Границы оболочек магнитных облаков определены на основе спектрального анализа флуктуаций модуля межпланетного магнитного поля.

Для оценки эволюции солнечного ветра на ударной волне за время его переноса от момента регистрации на космическом аппарате до магнитосферы Земли, определены локальные ориентации плоскостей ударных волн рассматриваемых облаков. Это позволило рассчитать ожидаемую на границе магнитосферы динамику геоэффективной Bz компоненты межпланетного магнитного поля (ММП). Выполнен корреляционный анализ этой компоненты ММП непосредственно измеренной на космическом аппарате WIND и с рассчитанными значениями Bz компоненты. Он показал, что наиболее эффективным параметром для суббуревой активности является последовательность рассчитанных и затем накопленных (интегральных) на 30 минутных интервалах значений Bz компоненты. При этом соответствующие величины коэффициентов корреляции варьируются от 0,60 до 0,96.

Высокий коэффициент корреляции динамики AL индекса с динамикой Bz компоненты. Это свидетельствует о необходимости учета эволюции ММП солнечного ветра на ударной волне магнитного облака.

ДЕМОНСТРАЦИЯ ОТРАЖЕНИЯ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ СУББУРЕВОЙ АКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Н.А. Бархатов [1], В.Г. Воробьев [2], С.Е. Ревунов [1], О.И. Ягодкина [2], А.Б. Виноградов [1]

[1] *Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина, г. Нижний Новгород*
[2] *Полярный геофизический институт КНЦ РАН, г. Апатиты Мурманской области*
nbarkhatov@inbox.ru

Представлены результаты нейросетевых экспериментов по восстановлению индекса AL по параметрам солнечного ветра и ММП в периоды развития суббурь. Применяемая нейросеть учитывает предысторию восстанавливаемого динамического процесса. В качестве входных последовательностей использованы параметры: компонента ММП Bz и интегральный параметр $\sum[NV^2]$ учитывающий предысторию процесса накачки кинетической энергии в магнитосферу в течение 2-3 часов. Интегральный параметр учитывает постепенное накопление энергии в магнитосфере перед суббурей, что невозможно сделать на основе мгновенных значений Bz, N, V. Выход нейросети генерирует значения индекса AL. Обучающие последовательности включали данные по периодам развития суббурь. Для минимизации эффекта запоминания последнего обучающего образца данные нормировались и подавались в ИНС в случайном порядке. Нейросетевые эксперименты выполнялись на 1-мин. данных AL, Bz, N, V (*http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/*). Исследования проведены на 70 интервалах 8 часовых данных, отвечающих периодам изолированных магнитосферных суббурь разной интенсивности по показаниям индекса AL. Достигнуто восстановление индекса AL с эффективностью не менее 75% и коэффициентом корреляции с реальными значениями AL не менее 0,9.

Созданный инструмент учитывает приводящие к суббуре физические явления, поскольку, принимает во внимание процесс медленной загрузки авроральной магнитосферы кинетической энергией солнечного ветра. Улучшение результатов восстановления возможно при использовании предыстории AL, увеличении числа входных данных и усовершенствовании архитектуры ИНС.

ГЕОМАГНИТНЫЙ И ИОНОСФЕРНЫЙ ОТКЛИК НА SSC СОБЫТИЕ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

В.Б. Белаховский [1], В.А. Пилипенко [2], Л. Бэддли [3], Я.А. Сахаров [1], С.Н. Самсонов [4]

[1] *Полярный геофизический институт, г. Апатиты*
[2] *Геофизический центр РАН, г. Москва*
[3] *Университетский центр на Шпицбергене, Норвегия*
[4] *Институт космофизических исследований и аэрономии, г. Якутск*

В данной работе исследован отклик магнитосферы и ионосферы на SSC событие 24 января 2012 года. Анализ показывает, что SSC событие вызвало резкое возрастание полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы по данным GPS приемников в Скандинавии. Данный отклик сопровождался увеличением электронной концентрации на высотах примерно 90-200 км по данным радара некогерентного рассеяния VHF EISCAT в Тромсё. Резкое увеличение интенсивности полярных сияний было зарегистрировано гиперспектральной камерой NORUSCA II Полярного геофизического института на архипелаге Шпицберген. При этом наблюдалось увеличение поглощения космического радиоизлучения по данным риометров в Скандинавии. Система регистрации геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) Полярного геофизического института и ЦФТПЭС КНЦ РАН на Кольском полуострове и в Карелии зафиксировала резкое увеличение ГИТ в момент SSC и появление Pc5 пульсаций в вариациях ГИТ. Широтные и долготные сети магнитометров в различных секторах MLT зафиксировали появление УНЧ возмещений, связанных с SSC. Теоретическая интерпретация некоторых особенностей данных возмущений остается открытой.

ЯВЛЕНИЯ В ВЫСОКОШИРОТНОЙ F-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ, ВЫЗВАННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ МОЩНЫХ КВ РАДИОВОЛН НЕОБЫКНОВЕННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ КОМПЛЕКСА EISCAT/HEATING

Н.Ф. Благовещенская [1], Т.Д. Борисова [1], А.С. Калишин [1], Т.К. Йоман [2], И. Хаггстрем [3]

[1] *Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. С. Петербург, Россия, nataly@aari.nw.ru*
[2] *Университет Лейсестера, Великобритания,*
[3] *Научная Ассоциация EISCAT, г. Кируна, Швеция*

Представлены результаты экспериментальных исследований явлений в высокоширотной F-области ионосферы, вызванных воздействием мощных КВ радиоволн необыкновенной поляризации (КВ нагревной комплекс EISCAT/HEATING, г. Тромсе, Норвегия). Эксперименты выполнялись при эффективной мощности излучения Рэфф = 450 - 650 МВт. Мощная КВ радиоволна излучалась в направлении магнитного зенита на высоких частотах нагрева, лежащих в диапазоне 6.2 – 8.0 МГц. Отклик ионосферной плазмы на воздействие мощной КВ радиоволны необыкновенной поляризации (Х-мода) контролировался с помощью радара некогерентного рассеяния радиоволн (НР) на частоте 930 МГц, расположенного в непосредственной близости от нагревного комплекса, когерентного КВ радара CUTLASS (SuperDARN) в Ханкасалми, Финляндия, и приемного комплекса для регистрации узкополосного искусственного радиоизлучения ионосферы (ИРИ) вблизи г. С.-Петербург. Основное внимание было уделено исследованию искусственных ионосферных турбулентностей (ионно-акустической и Лэнгмюровской), мелкомасштабных искусственных ионосферных неоднородностей и спектральных компонент узкополосного ИРИ (в полосе 1 кГц) в зависимости от отношения частоты нагрева к критической частоте слоя F2. Было выполнено сравнение между явлениями, возникающими при О- и Х-нагреве высокоширотной ионосферы. Обнаружено, что только при Х-нагреве происходит возбуждение различных узкополосных спектральных компонент в спектре ИРИ, регистрировавшихся на значительном (более 1000 км) расстоянии от КВ нагревного комплекса.

МОДЕЛИ АВРОРАЛЬНЫХ ВЫСЫПАНИЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МАГНИТОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ

В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина

Полярный геофизический институт. Апатиты-Мурманск. Россия
vorobjev@pgia.ru

Представлены модели электронных и ионных высыпаний, разработанные в Полярном геофизическом институте на основе прямых наблюдений спутников DMSP F6 и F7. Модели позволяют по заданному потребителем уровню магнитной активности (AL и Dst индексы) получить планетарное распределение границ различных типов высыпаний, а также средние энергии и потоки энергий высыпающихся частиц. Исследованы сравнительные характеристики глобального распределения электронных и ионных высыпаний в зависимости от уровня магнитной активности. Модель электронных высыпаний использована для расчета глобального распределения интенсивности аврорального свечения в различных областях спектра. Модель ионных высыпаний использована для расчета давления плазмы на высотах ионосферы и его сопоставления с давлением плазмы в экваториальной плоскости магнитосферы. С использованием моделей электронных и ионных высыпаний рассчитано планетарное распределение интегральной проводимости ионосферы в зависимости от уровня магнитной активности.

НАБЛЮДЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРИКОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ШИРОТ

А. А. Галахов[1] В. В. Пчелкин[1]

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия
galex@pgia.ru , pchelkin@pgia.ru

В работе описана экспериментальная установка, разработанная для измерений статистических характеристик потока атмосфериков ОНЧ-диапазона в условиях высоких широт. Приведены результаты экспериментального определения амплитудных спектров атмосфериков по данным регистрации, выполненной на Кольском п-ве в течение периода с сентября 2014г по январь 2015г. Сравнение со спектрами, полученными в условиях средних широт, показывает смещение высокочастотного максимума в сторону более высоких частот и увеличение ширины провала между максимумами. Установлено относительное увеличение низкочастотного максимума; проанализированы суточные и сезонные изменения спектров.

МОНИТОРИНГ АРКТИЧЕСКОЙ ИОНОСФЕРЫ С ВЫСОКОЭЛЛИПТИЧЕСКИХ СПУТНИКОВ «АРКТИКА-М»

Г.В. Гивишвили, Н.П. Данилкин, С.В. Журавлев, И.В. Крашенинников, Н.Г. Котонаева, В.Б. Лапшин, И.В.Романов

ФГБУ институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова, г. Москва, ул. Ростокинская, 9; givi_dom@mail.ru

Представлена схема мониторинга арктической ионосферы на основе космических аппаратов КА «Арктика-М», находящихся на высокоэллиптических орбитах. Большое затухание электромагнитных волн и длинные радиотрассы между передатчиком и приемником для высокоэллиптических орбит КА требуют применения новых принципов и способов передачи, приёма и обработки радиосигналов. Высокоэллиптические орбиты позволяют не только увеличить время получения информации именно в Арктике, но и наблюдать в практически непрерывном режиме все фазы зарождения, развития и исчезновения различных естественных и искусственных ионосферных неоднородностей.

Предлагается использовать два метода проведения экспериментов: внешнее и трансионосферное радиозондирование и многочастотное радиопросвечивание ионосферы на сеть специальным образом расположенных приемных станций. Для реализации первого варианта используется усложнение формы зондирующего импульса совместно с работой в режиме накопления измерений. Применяется регистрация сигналов с помощью корреляционного приёма с возможностью накопления эхо-сигналов. Представлен способ корреляционного радиоприема на основе фазово-кодовой модуляции. Показано, что даже в апогее реально получения ионограмм и трансионограмм.

Для реализации второго варианта метода применяется технология использования ЛЧМ-сигналов, как оптимальных для сверхдальнего распространения радиоволн. При этом сигналы излучаются с борта КА и принимаются и обрабатываются на земной поверхности сетью автономных приемных станций. Представлен анализ энергетического потенциала радиотрассы на основе передатчика мощностью в 100 Вт для получения ионограмм с борта космических аппаратов вплоть до высот геостационарного ИСЗ.

АНОМАЛЬНЫЕ ОТРАЖЕНИЯ ИОНОСФЕРЫ

Г.В. Гивишвили, Л.Н. Лещенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН)

givi_dom@mail.ru

Новая высококачественная измерительная техника вертикального зондирования ионосферы (цифровой ионозонд «Парус»), функционирующая в ИЗМИРАН с 2005 г., а с 2014 года на 8-и станциях Росгидромета, позволила обратить внимание на существование аномальных отражений (АО) неизвестного ранее типа.
Их особенности таковы:

- Они имеют плотную, облачную или слоистую структуру, представляя собой некие вкрапления в «тело» ионосферы автономных сгустков плазмы с плотностью, превышающей фоновую (для данной высоты) электронную концентрацию.
- Высота появления АО варьирует от 100 до 400 км.
- Их горизонтальные размеры колеблются от десятков до тысяч км.
- Длительность регистрации АО составляет от нескольких минут до многих часов.
- Вероятность их появления зависит от местного времени и ее максимум приходится на предутренние и ночные часы.
- Частота появления АО связана с долготным эффектом.
- Отмечена обратная связь частоты их появления с солнечной активностью.

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ ШУМАНОВСКОГО РЕЗОНАНСА

Е.С. Гончаров[1,3], А.Н. Ляхов[2], Т.В. Лосева[2]

[1]ВНИИА им. Духова (г. Москва, ул. Сущевская, д. 22)
[2]Институт динамики геосфер РАН (г. Москва, Ленинский проспект, д. 38)
[3]Московский физико-технический институт (МО, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9)

eggoncharov@yandex.ru

В СНЧ диапазоне (5-30 Гц) наблюдаются глобальные резонансы, когда частота колебаний совпадает с собственной частотой резонатора, образованного полостью между Землей и ионосферой, предсказанные теоретически В.О. Шуманом [1952 г].
Шумановские колебания образуют систему стоячих волн, охватывающих весь земной шар. Поэтому характеристики колебаний СНЧ, наблюдаемые в любом пункте, зависят от состояния ионосферы над всеми другими частями земного шара. Следовательно, изучение резонансных колебаний позволяет определять глобальные параметры ионосферы. В настоящей работе впервые применен трехмерный способ расчета собственных частот в приближении FDFD, с самосогласованным определением высоты отражения электромагнитных волн в трехмерном диспергирующем резонаторе с реальной картой проводимости Земной поверхности.
Для описания нижней ионосферы на высотах 40-100 км использовались две модели, при помощи которых была создана база профилей диэлектрической проницаемости и электронной проводимости. Полученная база использовалась в качестве исходных данных для решения задачи на собственные значения. Собственные частоты и добротности Шумановского резонанса при невозмущенной ионосфере хорошо согласующиеся с экспериментом. На основе полученных данных выполнен анализ параметров резонанса, получена оценка влияния проводимости земной поверхности. Воздействие солнечных рентгеновских вспышек рассчитывалось по модели ИДГ РАН, использующей измерения рентгеновских потоков на спутнике GOES и 22-х компонентную плазмохимическую модель ионосферы.
Представлены результаты расчетов для ряда солнечных вспышек различных классов.

КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА В МАРТЕ-АПРЕЛЕ 2016 ГОДА (ПО ДАННЫМ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИСЗФ СО РАН)

Г.А. Жеребцов, А.П. Потехин, К.Г. Ратовский, А.В. Медведев, Д.С. Кушнарев, А.В. Подлесный, О.И. Бернгардт, М.В. Толстков, А.А. Щербаков, С.С. Алсаткин, А.М. Веснин, И.В. Медведева, А.В. Михалев, Н.А. Золотухина, Р.А. Рахматулин, А.А. Головко, В.И. Куркин, В.А. Иванова, К.А. Кутелев

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: kutelev@iszf.irk.ru

Н.Ф. Благовещенская, Д.Д. Рогов

ААНИИ, С.-Петербург

З.Ф. Думбрава, А.И. Поддельский

ИКИР ДВО РАН, Паратунка

В работе представлены предварительные результаты комплексных ионосферных, атмосферных, магнитных и солнечных наблюдений средне- и высокоширотными инструментами ИСЗФ СО РАН во время непрерывного совместного эксперимента в марте-апреле 2016г. Исследуемый период включал в себя окончание внезапного стратосферного потепления в марте, а также слабые геомагнитные бури 15-17 марта, 2,7,13-14 апреля.
Особое внимание в работе уделяется анализу бури 13-14 апреля 2016 года. Представлены предварительные данные ионосферных, атмосферных и геомагнитных откликов на эти события. Приведены результаты анализа данных, полученных на Иркутском радаре некогерентного рассеяния, обеспечивающего измерения комплекса ионосферных параметров: электронной плотности, электронной и ионной температур, а также скорости дрейфа плазмы в окрестности Иркутска. Приведены результаты ионосферных наблюдений на сети ЛЧМ-ионозондов, включающей в себя, помимо ионозондов ИСЗФ СО РАН, ионозонды ААНИИ РосГидроМет-а. Совместное использование данных этой сети и данных когерентного декаметрового радара ЕКВ ИСЗФ СО РАН с сектором обзора порядка 1 млн.кв.км. позволяет проводить анализ пространственно-временных ионосферных эффектов на территории РФ в средних и высоких широтах, в том числе и в задачах мониторинга.
Работа выполнена в рамках гранта №НШ-6894.2016.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

ДИАГНОСТИКА ВЫСОКОШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ ПО СОВМЕСТНЫМ ДАННЫМ РТУ И ИЗМЕРИТЕЛЯМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Н.В. Иванов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН

Спектр приземного фонового шума в интервале частот 0,1–20 Гц обладает рядом структурных особенностей, связанных с влиянием ионосферного альвеновского резонатора (ИАР). Влияние ИАР приводит к появлению на этих частотах резонансной структуры спектра (РСС). Резонансные структуры спектра для волн диапазона от 0 до 20 Гц формируется из-за наличия в ионосфере двух областей отражения. Первая область, существенная для отражения, образуется ростом электронной концентрации с высотой, лежит ниже максимума F-слоя. Характерный спад электронной концентрации выше максимума F-слоя приводит к отражению волн, формируя внешний волновод. Интерференция волн от этих двух областей образует немонотонный характер зависимости амплитуды от частоты. Расположение верхней области существенной для отражения на высотах порядка от 1000 до 2000 км делает возможным разработку методов диагностики внешней ионосферы на основе анализа наблюдаемых характеристик РСС.

В данной работе предлагается метод диагностики внешней ионосферы на основе совместного использования данных РТУ и измерителей магнитного поля. Низкоорбитальная радиотомографическая реконструкция позволяет надежно определять профиль электронной концентрации в области F-слоя. В высокоширотных областях близость магнитного поля к вертикальному направлению делает возможным установить формальную связь наблюдаемых поляризационных характеристик РСС с высотным профилем электронной концентрации во внешней ионосфере в области наблюдения.

На основании анализа наблюдаемых поляризационных характеристик РСС строится профиль электронной концентрации от высоты применимости низкоорбитальной томографической реконструкции до верхней границы ИАР.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СЦЕНАРИИ КОЛЛЕКТИВНОЙ ДИНАМИКИ АКТИВНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.И. Иудин

Институт прикладной физики РАН

Доклад посвящен исследованию универсальных сценариев коллективной динамики активных распределенных систем. Для широкого круга моделей геофизических систем найдены условия, при которых модельная динамика обладает скейлинговыми свойствами. Показано, что эффекты, связанные со структурными фазовыми переходами, в частности, с динамической перколяцией, предопределяют специфику отклика активной системы на внешнее поле и нетривиальный характер зависимости динамики от размеров системы. На ряде примеров (инициация атмосферных разрядов, выживание биологических видов в экстремальных условиях) продемонстрировано флуктуационное понижения порога неравновесных кинетических переходов. Обсуждается конструктивная роль хаоса и связь рассматриваемых явлений с эффектами динамической перколяции и эффектами генерации шумом кинетических фазовых переходов. Предложено динамическое обобщение законов Хака и Хортона для саморазвивающихся транспортных структур. С использованием ансамблей клеточных автоматов установлено, что саморазвивающиеся транспортные системы демонстрируют пространственно-временной скейлинг и обладают мультифрактальной структурой. Для трехмерной сети метастабильных элементов и развернутого на ней броуновского потенциального рельефа проанализированы условия возникновения саморазвивающихся транспортных структур в активной распределенной системе.

МОБИЛЬНЫЙ АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА РАДИОСИГНАЛОВ КВ ДИАПАЗОНА В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

Н.В. Калитёнков, А.В. Гурин, В.И. Милкин, А.Е. Шульженко

Мурманский Государственный Технический Университет, г.Мурманск
KalitenkovNV@mstu.edu.ru

Одним из главных условий обеспечения устойчивого функционирования различных радио и радиотехнических систем, в том числе систем радиосвязи, радионавигации и радиолокации является получение в реальном времени необходимой информации о среде распространения радиосигналов, ее изменениях и организация возможности адаптации систем к изменениям среды. Особенно это важно для условий Арктики. В работе представлен малогабаритный, мобильный аппаратурно-программный комплекс для исследования искажений частотного спектра радиосигналов КВ диапазона при возмущениях среды различной природы. Комплекс развернут на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры Р и РТКС в МГТУ и включает в себя 2 независимых комплекта, в каждом: встроенный в персональный компьютер коротковолновый радиоприемник со специальным опорным генератором частоты, широкополосной КВ антенной, специальным программным обеспечением, коротковолновый радиопеленгатор. Представлены результаты экспериментальных исследований искажений спектра, проводящихся с использованием комплекса в различных гелиогеофизических условиях в течение 2015 - 2016 года на долготной радиотрассе г. Москва - г. Мурманск, протяженностью около 1500км. Исследования широко поддержаны целым рядом геофизических измерений. Обсуждаются наиболее интересные результаты, касающиеся влияния неоднородностей и неравновесных свойств высокоширотной ионосферы на прохождение КВ и на возможности загоризонтной радиолокации.

КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИОНОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ МИР В АРКТИКЕ

Н.В. Калитёнков, А.В. Гурин, В.И. Милкин, А.Е. Шульженко

Мурманский Государственный Технический Университет, г.Мурманск
KalitenkovNV@mstu.edu.ru

В работе представлен аппаратурно-программный специализированный радиолокационный комплекс морского и наземного базирования МИР-МН для обеспечения морской деятельности и в интересах безопасного мореплавания судов в Арктике. Комплекс развернут на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры Р и РТКС в МГТУ и включает в себя два малогабаритных, мобильных устройства либо согласованно либо независимо работающих для решения одной или нескольких задач диагностики ионосферы и ионосферного распространения радиоволн. Представлены результаты экспериментальной апробации комплекса во время апрельского и майского морского плавания барка МГТУ «Седов»). Комплекс работал одновременно в конфигурации барк «Седов» - о.Диксон, барк «Седов» - Салехард, барк «Седов» - Соданкюле и барк «Седов» - С.Петербург. Морская часть комплекса размещалась на барке «Седов», наземные составляющие были размещены на о. Диксон, в Салехарде, в Соданкюле, в С.Петербурге. Анализ экспериментальных данных за отдельные дни плавания, когда анализировалась и информация о геофизической обстановке в регионе, подтверждает эффективное выполнение поставленных перед комплексом задач. Комплекс готов для проведения исследований, касающиеся влияния неоднородностей и неравновесных свойств полярной ионосферы на работу РТС КВ диапазона.

КИНЕТИКА МЕТАСТАБИЛЬНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА НА ВЫСОТАХ ВЕРХНИХ АТМОСФЕР ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

А.С. Кириллов [1], Р. Вернер [2], В. Гинева[2]

[1]*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*
[2]*Институт космических исследований и технологий БАН, г. Стара Загора, Болгария*

Молекулярный азот является основной составляющей атмосфер Земли, Титана, Тритона. При взаимодействии солнечных фотонов, высокоэнергичных электронов и протонов, фотоэлектронов с атмосферами указанных планет значительная доля вносимой энергии трансформируется в энергию электронного возбуждения молекул N_2. В рамках квантово-химических приближений проведен расчет скоростей гашения электронно-возбужденного азота $N_2(A)$ при неупругих взаимодействиях с молекулами N_2, CO, O_2 и т.д., входящими в состав атмосфер планет Солнечной системы. Исследованы процессы электронно-электронного и колебательно-колебательного обмена энергией при столкновениях возбужденных молекул N_2 с различными газами. Показана важная роль межмолекулярных процессов переноса электронного возбуждения при столкновениях молекул в возмущенных атмосферах планет Солнечной системы.

ДИАГНОСТИКА ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСЫПАЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ

Б.В. Козелов, В.Е. Иванов

ФГБНУ Полярный геофизический институт, Апатиты-Мурманск, Россия
boris.kozelov@gmail.com

Оптические наблюдения полярных сияний дают уникальную возможность регистрации пространственной динамики процессов в магнитосферно-ионосферной плазме во время высокоширотных возмущений. Наблюдения из пространственно-разнесенных точек позволяют делать заключения о характеристиках потоков энергичных частиц, вызывающих авроральное свечение, что необходимо для понимания происходящих физических процессов. Однако обработка данных оптических наблюдений полярных сияний весьма трудоемка и требует корректного учета особенностей объекта наблюдений, в том числе с привлечением результатов моделирования. Использование традиционных наблюдений широкоугольными камерами всего неба, разнесенными на расстояние ~100 км, обычно позволяет только приблизительно оценить среднюю энергию высыпающихся частиц и поток энергии. Томографические методы при наблюдении из нескольких пунктов, разнесенных на несколько десятков километров, практически реализуются только в простых случаях. При базе менее 10 км удается проводить оценки по параллаксу наблюдаемых форм сияний на фоне звезд. В работе приводится анализ различных подходов к диагностике характеристик высыпающихся электронов по пространственно-распределенным наблюдениям полярных сияний. Приводятся примеры с использованием оптических наблюдений, проводимых в Полярном геофизическом институте.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ОТ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ В КАЧЕСТВЕ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА

А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, С.В. Пильгаев, Ю.В. Федоренко

Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия
alexey.larchenko@gmail.com

Нижняя ионосфера влияет на условия распространения естественных электромагнитных возмущений СНЧ диапазона, порождаемых молниевыми разрядами, в волноводе Земля-ионосфера. Приходящие от Солнца потоки высокоэнергичных протонов во время солнечных вспышек изменяют профиль электронной концентрации нижней ионосферы, особенно в авроральной области. Экспериментальное исследование скорости распространения электромагнитных возмущений в СНЧ диапазоне дает возможность исследовать влияние солнечных протонных событий на характеристики высокоширотной нижней ионосферы. Для прикладных задач важно, что такие измерения ведутся на частотах, практически совпадающих с частотами электромагнитного зондирования литосферы и частотами, используемыми для организации связи с подводными лодками.

В докладе приведены результаты измерений групповой скорости распространения и волнового импеданса атмосфериков от дальних разрядов молний на высокоширотной трассе «Ловозеро-Баренцбург» в СНЧ диапазоне в спокойных условиях и во время вспышек на Солнце. Для анализа связи между результатами измерений и профилем проводимости ионосферы применен метод расчета FDTD. В результате математического моделирования выявлены отличия групповой и фазовой скоростей распространения в разных гелиогеофизических условиях и оценено влияние горизонтальных неоднородностей проводимости с различной структурой на параметры электромагнитного поля вблизи земной поверхности.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОШИРОТНОГО ИОНОСФЕРНОГО РАДИОЭХО В УКВ И КВ ДИАПАЗОНАХ ПО ДАННЫМ РАДАРОВ ИСЗФ СО РАН

В.П. Лебедев, К.А. Кутелев, К.В. Гркович, Д.С. Кушнарев, О.И. Бернгардт

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, Лермонтова 126а,
kutelev@iszf.irk.ru

В ИСЗФ СО РАН функционируют два современных радара для диагностики ионосферы методом обратного рассеяния радиоволн - Иркутский радар некогерентного рассеяния УКВ диапазона (ИРНР, 152-164МГц) и Екатеринбургский когерентный радар КВ диапазона (ЕКВ, 8-20МГц).

Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР, 52.8N,103.2E), создан на базе оборудования радиолокационной станции, переданной по конверсии. Регулярные ионосферные эксперименты ведутся с 1993г. Пиковая мощность ИРНР 3.2МВт. В зависимости от решаемых задач и типа объекта пространственное разрешение радара по дальности составляет от 0.1 до 10 километров, по углам - от 1' до 30' , временное разрешение от 0.04 секунды.

Радар ЕКВ (56.5N,58.5E), функционирует в круглосуточном режиме с 2012г. и является аналогом радаров сети SuperDARN. Сектор обзора радара составляет порядка 50 град. (примерно от Новой Земли до Норильска), дальность действия радара до 3.5 тыс.км, с пространственным разрешением 15-60 км. и временным разрешением от долей секунды до 3 мин. (в зависимости от решаемых задач).

В работе анализируются результаты совместных наблюдений мощного рассеяния (радиоавроры) 08/06/2015. Для определения положения радиоавроры разработаны оригинальные методы, учитывающие как особенности среды распространения, так и особенности антенных систем КВ и УКВ радаров. Показано, что пространственное положение КВ и УКВ радиоавроры в эксперименте практически совпадало. Это позволяет использовать радары, как единый комплекс для
диагностики характеристик мелкомасштабных полярных неоднородностей в Е-слое.

Проведен сравнительный анализ характеристик и временной динамики области радиоавроры в КВ и УКВ диапазонах.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН №31.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЯ ИОНОСФЕРНОГО ОНЧ ИСТОЧНИКА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО НАГРЕВУ ИОНОСФЕРЫ МОЩНЫМ КВ СИГНАЛОМ

О.М. Лебедь, С.В. Пильгаев, А.С. Никитенко, Ю.В. Федоренко

Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Академгородок, д. 26а
olgamihsh@yandex.ru

Эксперименты по нагреву высокоширотной ионосферы мощным модулированным КВ сигналом позволяют исследовать физические процессы, происходящие в ионосферной плазме, и эффекты распространения низкочастотных волн в волноводе Земля-ионосфера. Во время сеансов нагрева ионосферы комплексом EISCAT/Heating в Тромсе в октябре 2014 г. велись синхронизированные наземные наблюдения электромагнитного поля ионосферного ОНЧ источника на станциях Полярного геофизического института: «Ловозеро» (67.97° с.ш., 35.02° в.д.), «Апатиты» (67.58° с.ш., 33.31° в.д.), «Верхнетуломский» (68.6° с.ш., 31.79° в.д.) и «Баренцбург» (78.06° с.ш., 14.22° в.д.). Частота модуляции КВ сигнала составляла 1017, 2017 и 3017 Гц, из которых первая частота лежит ниже частоты поперечного резонанса волновода Земля-ионосфера, вторая – близка к частоте резонанса, а третья – выше него. Такой выбор частот позволил исследовать как процессы волноводного распространения низкочастотных сигналов, так и структуру источника. В данной работе проведено моделирование пространственного распределения компонент электромагнитного поля ионосферного ОНЧ источника у земной поверхности с помощью полно-волнового метода (full-wave method). Обсуждаются особенности возбуждения волновода Земля-ионосфера и распространения ОНЧ сигнала при различных возможных высотах источника (от 75 до 115 км). Сравниваются результаты наземных наблюдений и моделирования таких параметров электромагнитного поля как поляризация горизонтальных магнитных компонент, вектор Пойнтинга, волновой импеданс и плотность энергии.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ В ПОЛЯРНОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОРОТКИХ РАДИОВОЛН В ВЫСОКОШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЕ

В.С. Мингалев

Полярный геофизический институт, г. Апатиты
mingalev@pgia.ru

В Полярном геофизическом институте (ПГИ) примерно тридцать лет назад начали проводиться работы по численному моделированию распространения коротких радиоволн (КВ) в высокоширотной ионосфере. Расчеты распространения КВ осуществлялись в приближении геометрической оптики, а именно, путем отыскания траекторий лучей радиоволн при помощи численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, к которым сводится решение уравнения эйконала.

В настоящей работе дается обзор опубликованных работ, посвященных численному моделированию распространения КВ в высокоширотной ионосфере, а также приводятся и обсуждаются наиболее интересные результаты, касающиеся влияния неоднородной структуры высокоширотной ионосферы на прохождение КВ, в частности, на возможности и особенности загоризонтной радиолокации в высоких широтах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АРКТИЧЕСКОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПОМОЩИ ПРОСТРАНСТВЕННО ТРЕХМЕРНЫХ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ В ПОЛЯРНОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

И.В. Мингалев, К.Г. Орлов, В.С. Мингалев

Полярный геофизический институт, г. Апатиты,
mingalev_i@pgia.ru

В течение последних примерно двух десятилетий в Полярном геофизическом институте (ПГИ) проводились работы по численному моделированию крупномасштабной трехмерной циркуляции нижней и средней атмосферы. Был разработан ряд трехмерных математических моделей, позволяющих рассчитывать газодинамические параметры земной атмосферы как на региональном уровне, так и в планетарном масштабе. Отличительной особенностью этих моделей является то, что они, в отличие от подавляющего большинства аналогичных моделей, являются негидростатическими, т.е. позволяющими находить не приближенное, а точное значение вертикальной скорости атмосферного газа.

В настоящей работе дается обзор опубликованных работ, посвященных приложениям этих моделей для моделирования крупномасштабной трехмерной циркуляции нижней и средней атмосферы. Разработанные модели использовались для численного исследования начального зарождения циклонических вихрей в полярных и тропических регионах, а также для численного моделирования глобальной циркуляции земной атмосферы, включающей в себя и циркуляцию арктической атмосферы.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК АЛЬТЕРНАТИВА НАБЛЮДЕНИЯМ В АРКТИКЕ

А.А. Намгаладзе [1], М.А. Князева[1], М.И. Карпов [1], О.В. Золотов [1,2]

[1] *Мурманский арктический государственный университет*
[2] *Мурманский филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России*
namgaladze@yandex.ru

Арктический регион наиболее восприимчив к возмущениям космической погоды, деструктивными последствиями которых являются нарушения радиосвязи, работы электронной аппаратуры спутников и самолетов, индуцирование паразитных токов в протяженных проводящих линиях энергопередач. Это определяет значимость прогнозирования возмущений космической погоды и ее последствий.

Для этого необходимо использовать средства наземного и космического мониторинга, но их возможности в Арктике ограничены. Имеющиеся станции вертикального зондирования ионосферы и некогерентного рассеяния расположены в очень небольшом количестве на континентальном побережье и островах Северного Ледовитого океана. Поставляемые ими разрозненные данные не обеспечивают требуемого пространственно-временного разрешения. Навигационные системы GPS/ГЛОНАСС, широко используемые в низких и средних широтах, ограничены орбитами в пределах ±60° широты.

Альтернативой является физико-математическое моделирование с помощью глобальных трехмерных моделей верхней атмосферы Земли, учитывающих взаимодействие Арктического и примыкающих к нему регионов. Этим требованиям соответствует модель UAM (Upper Atmosphere Model), но для повышения эффективности ее использования в практических целях необходимо осуществить ряд изменений: 1) замена геомагнитного поля в дипольном приближении на эмпирическое (по данным спутниковых и наземных наблюдений); 2) учет инерции ионов в полярном ветре, т.е. отказ от диффузионного подхода; 3) повышение устойчивости решений уравнений магнитосферного блока UAM (расчёт продольных токов зоны 2).

С решением этих задач удастся существенно продвинуть метод физико-математического моделирования в целях прогнозирования космической погоды над Арктикой.

АЭРОЗОЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ СТРАТОСФЕРЫ НАД ЯКУТСКОМ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ПРОТОННЫХ СОБЫТИЙ В ЯНВАРЕ И МАРТЕ 2012 Г

С.В. Николашкин, С.В. Титов

Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г.Шафера СО РАН, г. Якутск, Россия
nikolashkin@ikfia.sbras.ru, stitov@ikfia.sbras.ru

Приводятся результаты лидарных измерений аэрозольного содержания стратосферы и нижней мезосферы во время солнечных протонных событий (СПС) 22-24 января и 7-8 марта 2012 г. Для оценки аэрозольного наполнения средней атмосферы использованы коэффициенты аэрозольного рассеяния R, вычисленные с учетом рассеяния Ми. Для зондирования использовался NdYAG лазер, работающий на длине волны 532 нм, расположенный на полигоне ШАЛ, около Якутска. Приемный телескоп лидара имеет диаметр 0,6 м и фокусное расстояние 2 м. Также использованы данные по протонам спутника GOES-13, данные нейтронного монитора станции ИЗМИРАН (Москва) и Dst вариаций.

Во время первого СПС плотность частиц с энергией более 100 МэВ составляло около $2{,}8 \cdot 10^5$ частиц/см^2·день·ср, а во время второго события на порядок больше. А плотность частиц энергий >10 МэВ и менее было одного порядка и составляла ~ $2 \cdot 10^8$ частиц. Во время первого СПС наблюдалось 3% Форбуш понижение (ФБ) интенсивности космических лучей, а во втором случае ФБ составлял 15%, соответственно уровень геомагнитного возмущения (Dst вариации) -40 и -120 нТл, соответственно.

Во время СПС 22 января наблюдалось аэрозольное наполнение всей стратосферы от 50 км и ниже до уровня R=1,3 с максимумом на высоте порядка 35 км, а в случае 7 марта наблюдалось наполнение верхней части стратосферы и нижней мезосферы (R=1,2-1,3), при отсутствии аэрозоля в стратосфере ниже 35 км.

Обсуждаются возможные причины наблюдаемых особенностей аэрозольного наполнения средней атмосферы.

Работа поддержана грантами РФФИ №№15-05-05320 и 16-05-00901.

СПУТНИКОВАЯ РАДИОГОЛОГРАФИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПРОЦЕССАМИ В АТМОСФЕРЕ И ИОНОСФЕРЕ АРКТИКИ И СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

А.Г. Павельев, В.М. Смирнов, С.С. Матюгов, О.И. Яковлев

ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Московская область 141190, Фрязино, пл. Введенского, 1
pvlv@ms.ire.rssi.ru

Процессы в ионосфере и атмосфере Арктики существенны для изменения космической погоды, условий радиосвязи, радионавигации и управления в России и соседних регионах. Радиоголографические исследования используют линии радиосвязи между двумя спутниками (или трассы спутник – Земля) для зондирования атмосферы, ионосферы и поверхности Земли. Высокая стабильность сигналов, излучаемых спутниками Земли, позволяет изучать трехмерную структуру атмосферы и ионосферы Земли в глобальном масштабе с высоким пространственным разрешением. Большая протяженность трасс распространения радиоволн создает уникальные возможности для высокоточных измерений эффектов распространения радиоволн, что необходимо для обеспечения успешной работы различных радиосистем связи, навигации и управления [1]. Радиоголографические методы основаны на высокоточных измерениях фазы, частоты, спектра, группового запаздывания, амплитуды и поляризации радиоволн, изменяющихся из-за влияния зондируемой среды. Выбор измеряемых параметров радиосигналов определяется целями исследования и имеющимися техническими средствами. Одним из радиоголографических методов является радиозатменный метод, основанный на использовании высокой стабильности фазы излучаемых сигналов и успешно применяемый при исследовании эффектов распространения радиоволн и трехмерной структуры атмосфер, ионосфер и поверхностей планет [2-5]. Радиозатменное дистанционное зондирование на трассах космический аппарат-Земля в течение последних 50 лет применялось в качестве мощного инструмента для исследования трехмерной структуры атмосфер, ионосфер и поверхностей планет [6,7]. С 1995 года были начаты эксперименты радиозатменного зондирования атмосферы и ионосферы Земли с помощью стабильных, синхронизированных атомными стандартами частоты, сигналов навигационной системы GPS на трассах навигационный спутник – низкоорбитальные спутники [8-10]. Результаты экспериментов доказали перспективность и конкурентоспособность радиозатменного метода по сравнению с существующими средствами дистанционного зондирования для изучения вертикальной структуры атмосферы и ионосферы Земли в глобальном масштабе с разрешением по высоте в интервале от 0.1 до 1.0 км.

Цель доклада состоит в кратком обзоре задач и достижений спутниковой радиоголографии, основанных на применении сигналов навигационных систем для изучения эффектов распространения радиоволн и дистанционного зондирования.

Представлены результаты применения спутниковой радиоголографии для изучения эффектов распространения радиоволн и дистанционного зондирования околоземного пространства. Обоснован теоретически и подтвержден экспериментально эффект закономерной связи между интенсивностью сигнала и вариациями фазового пути, доплеровской частоты и ускорения эйконала. Создан одночастотный метод измерения поглощения радиоволн на трассах связи спутник-спутник.

Работа частично подержана Программой 07 Президиума РАН

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

В.А. Пилипенко[1], В.Б. Белаховский [2], Я.А. Сахаров [2]

[1]*Геофизический центр РАН, г. Москва*
[2]*Полярный геофизический институт, г. Апатиты*

Интенсивность геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) определяется вариациями геомагнитного поля. В высоких широтах вариации геомагнитного поля преимущественно ориентированы в направлении север-юг и производят вариации ионосферных токов в направлении восток-запад. Поэтому можно предположить, что такие возмущения не будут производить существенных ГИТ в технологической системе, ориентированной по широте. Однако показано, что в системе регистрации ГИТ Полярного геофизического института и ЦФТПЭС КНЦ РАН на Кольском полуострове и в Карелии, ориентированной в направлении север-юг, во время геомагнитных бурь интенсивность ГИТ возрастает достаточно существенна. В данной работе мы примерили к данным магнитометров сети IMAGE различные методики для характеристики вариабельности геомагнитного поля (картина вектора геомагнитного поля и его производной в координатах широта-долгота, временные вариации вектора геомагнитного поля и его производной). Эти методики показывают, что ионосферные токи флуктуируют не только в направлении восток-запад, а в обоих направлениях восток-запад и север-юг. В работе исследован вклад различных геофизических возмущений (SC события, суббури, Pc5 пульсации) в возрастание величины ГИТ.

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ВТОРЖЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПРОТОНОВ ЧЕРЕЗ КАСП ВО ВРЕМЯ ВНЕЗАПНЫХ НАЧАЛ МАГНИТНЫХ БУРЬ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В БАРЕНЦБУРГЕ

А.В. Ролдугин, С.В. Пильгаев, В.К. Ролдугин

Полярный геофизический институт, Апатиты
rold_val@pgia.ru

Во время вторжения высокоэнергичных солнечных протонов и внезапного импульса (SI) 22 января 2012 г. в обс. ПГИ Баренцбург проводились измерения водородной эмиссии *Hα* с помощью спектрометра, дающего изображения спектра дуги меридиана. Было обнаружено, что начало свечения Hα совпадает с SI, во время максимума протонного потока 23 января она отсутствовала, но во время её свечения спутник WIND показал быстрое возрастание скорости и давления солнечного ветра и рост положительной *Bz* компоненты, указывающий на смещение каспа в более высокие широты. Мы полагаем, что в данном случае эмиссия *Hα* была вызвана непосредственным проникновением солнечных протонов через касп, а не протонными сияниями.

НАБЛЮДЕНИЯ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ СВЕТОВЫХ ВСПЫШЕК, ВЫЗВАННЫХ МОЛНИЕВЫМИ РАЗРЯДАМИ В ЮЖНОМ ПОЛУШАРИИ

В.К. Ролдугин [1], А.В. Ролдугин [1], Н.Г. Клеймёнова [2]

[1] *Полярный геофизический институт, Апатиты*
[2] *Институт физики Земли, Москва*
rold_val@pgia.ru

Во время эксперимента АРАКС в 1974г в Архангельской области было обнаружено, что антенный пробой мощной передающей ОНЧ антенны вызвал высыпание захваченных частиц из дакта длительностью 0.3 сек и размером в ионосфере около 12 км. Поскольку мощность молниевых разрядов превышает мощность пробоя, то представляет интерес поиск высыпания частиц, вызванного молниевым разрядом в магнитосопряжённой точке. В данной работе анализировались снимки камеры всего неба в Ловозеро во время свистящих атмосфериков на финской обсерватории Каннуслехта, было обнаружено несколько случаев светящихся пятен в моменты свистов.

СХОДСТВО ПАРАМЕТРОВ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В F-ОБЛАСТИ ВЫСОКОШИРОТНОЙ И СРЕДНЕШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЫ

Н.Ю. Романова

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, г. Мурманск
romanova@pgi.ru

Методом радиозондирования исследованы естественные мелкомасштабные неоднородности электронной плотности в F-области среднеширотной ионосферы. Показано, что, как и в высоких широтах, среднеширотные неоднородности поперечно-анизотропны. Определены параметры анизотропии: α, β и Ψ_A. Численно они варьируют в следующих интервалах: α = 15 ÷ 165; β = 2 ÷ 40; Ψ_A = 1º ÷ 178º. Величины осей неоднородностей определяются выражением 1<β<α и соотношение β:α варьирует от 1:2 до 1:20, в большинстве случаев составляя 1:7, что наблюдалось ранее в высоких широтах.

По результатам численного сопоставления между ориентацией поперечной анизотропии Ψ_A и направлением горизонтального ветра модели HWM07 в большинстве случаев наблюдалось хорошее согласие между этими данными. Таким образом, в средних широтах мелкомасштабные неоднородности вытянуты вдоль направления горизонтального ветра подобно тому, как в высоких широтах они вытягиваются вдоль направления дрейфа плазмы.

Автор благодарит сотрудников лаборатории радиопросвечивания Полярного геофизического института за проведение экспериментальных работ.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-05-01024 А и № 15-05-02437 А.

СИЯНИЯ В МАНТИИ: ОПТИЧЕСКИЙ «СЛЕД» ПЕРЕСОЕДИНЕНИЯ?

В.В. Сафаргалеев, В.М. Митрофанов, А.В. Ролдугин, С.В. Пильгаев

Полярный геофизический институт, Апатиты.
vladimir.safargaleev@pgia.ru

Данные камеры всего неба в Баренцбурге (арх. Шпицберген) сравниваются с особенностями электронных и ионных высыпаний на спутнике DMSP F18 во время его пролета в поле зрения камеры. Перед вхождением в касп со стороны мантии спутник обнаруживает два всплеска высыпающихся частиц. Всплеск мантийных высыпаний вдали от каспа наблюдается одновременно как в ионной, так и электронной компонентах. В области ионосферы, сопряженной со спутником, сияний при этом не обнаруживается, что объясняется слабой интенсивностью потока высыпающихся электронов и их небольшой энергией (80 эВ). Вблизи каспа более интенсивный всплеск высыпаний более энергичных электронов (140 эВ) сопровождается практически полным «запиранием» ионов. Этот всплеск мантийных высыпаний сопряжен со слабой светящейся структурой в ионосфере. Запирание ионов свидетельствует о наличии ускоряющей разности потенциалов в силовой трубке, опирающейся на область свечения. Светящаяся структура является элементом так называемых «дрейфующих к полюсу авроральных форм», связываемых в литературе с пересоединением на дневной магнитопаузе. На возможную связь наблюдаемых явлений с пересоединившимися силовыми трубками, дрейфующими от каспа в антисолнечном направлении, указывает также дисперсия ионных высыпаний - возрастание энергии ионов по мере приближения спутника к каспу.

ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАЗРЯДОВ В ПОЛЯРНОМ РЕГИОНЕ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

С.И. Свертилов[1,2], А.Ф. Июдин[1], В.В. Богомолов[1.2], Г.Г. Гарипов[1], И.А. Максимов[1.2], А.К. Маркелова[1], В.И. Оседло[1], Д.М. Шифрин[3], И.В. Яшин[1]

[1]Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, 119234, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2.
[2]Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2
[3]Центральная аэрологическая обсерватория, Росгидромет, 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, ул. Первомайская дом 3
sis@coronas.ru

Рассматривается проект совместных наблюдений высотных электромагнитных разрядов, в том числе и в полярном регионе, в ходе наземных и космических экспериментов. Атмосферные электрические разряды могут сопровождаться генерацией высокоэнергичных излучений – гамма-квантов, электронов, возможно протонов и нейтронов. Поэтому комплексное изучение высокоэнергичных излучений электрических разрядов представляется важной задачей. Одновременная регистрация ультрафиолетового и инфракрасного излучения разрядов, а также радиоизлучения и измерение напряженности электрического поля над установкой является эффективным методом исследований благодаря относительно низкому поглощению оптического излучения в атмосфере и относительно высокому отношению сигнала к шуму по сравнению с радиоизлучением. Проект предполагает развертывание вдоль меридиана, включая полярные области, сети станций с однотипным оборудованием, включающим детектор для регистрации ультрафиолетового и инфракрасного излучения транзиентных оптических явлений, детекторов рентненовского, гамма-излучеия и электронов, датчиков радиоизлучения, электричсекого и магнитного полей. Предполагется установка такого же оборудования на метеорологичнеских зондах и космичсеких аппаратах, функционирующих на полярных орбитах, и проведение одновременных наблюдений наземными средствами, на спутниках и метеорологических зондах. В ходе подготовки проекта предполагается провести тщательный анализ результатов исследования атмосферных транзиентных явлений и высыпаий магнитосферных электронов на полярных космических аппаратах «Вернов» и «Ломоносов» совместно с данными наземных станций.

ГЛОБАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСЫПАНИЙ ЭНЕРГИЧНЫХ ПРОТОНОВ К ЭКВАТОРУ ОТ ИЗОТРОПНОЙ ГРАНИЦЫ

Н.В. Семенова, Т.А. Яхнина, А.Г. Яхнин

Полярный геофизический институт, Апатиты
nadezhda.semenova@gmail.com

По данным низкоорбитальных спутников NOAA POES построено глобальное распределение вероятности наблюдения высыпаний энергичных протонов (E > 30 кэВ) к экватору от изотропной границы. Показано, что частота наблюдения протонных высыпаний, внутри зоны анизотропных потоков, максимальна (~ 16 %) в дневные часы (11-16 MLT) на широтах (66-70°) и уменьшается в вечерние и утренние часы. С ростом динамического давления солнечного ветра частота наблюдения высыпаний увеличивается, широтная локализация высыпаний смещается в область низких широт. Эти результаты сопоставлены с имеющимися статистическими исследованиями морфологии электромагнитных ионно-циклотронных (ЭМИЦ) волн, проведенными на основе спутниковых наблюдений в экваториальной магнитосфере. Показано хорошее соответствие пространственных распределений протонных высыпаний и ЭМИЦ волн в магнитосфере. Это подтверждает, что высыпания энергичных протонов к экватору от изотропной границы являются следствием ионно-циклотронной неустойчивости в экваториальной магнитосфере.

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАРТА 2015 Г. НА УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СНЧ ВОЛН НА ВЫСОКОШИРОТНОЙ ТРАССЕ

Е.Д. Терещенко, А.Е. Сидоренко, В.Ф. Григорьев

Полярный геофизический институт, 183010, г. Мурманск, ул. Халтурина, д.15, anton@pgi.ru

Представлены результаты наблюдений, а также численные оценки влияния солнечного затмения 20 марта 2015 г. на распространение искусственных СНЧ сигналов и параметры нижней ионосферы в области высоких широт, обусловленные возникающими изменениями электронной концентрации в D-слое ионосферы. Ранее проводившиеся наблюдения в СДВ диапазоне дали ряд экспериментальных сведений о процессах, протекающих во время затмения в D и E слоях ионосферы. Применение для наблюдений искусственных СНЧ полей является новым шагом и может давать определенные преимущества, связанные с одномодовым характером распространения в волноводе Земля-ионосфера.

Во время затмения на арх. Шпицберген были выполнены измерения магнитного поля СНЧ радиоустановки, расположенной на Кольском п-ове. Протяженность трассы составила 1200 км. Во время затмения трасса целиком и одновременно покрывалась проходящей тенью Луны. При прохождении затмения наблюдались вариации амплитуды сигнала величиной 10-15%, по характеру близкие к изменениям солнечной освещенности на трассе: при падении освещенности на высотах 65-80 км уменьшается скорость образования ионов и эффективная высота отражения СНЧ волн возрастает. Анализ на основе простейшей экспоненциальной модели профиля концентрации электронов показал, что высота отражения при нарастании фазы затмения увеличилась примерно на 10 км, запаздывая на 8-10 минут относительно максимума затмения. Оценки фазовой скорости и коэффициента затухания также показали их сходные, но менее значимые вариации.

Результаты наблюдений подтвердили высокую устойчивость СНЧ волн к крупномасштабным и быстротекущим ионосферным возмущениям на трассе, что имеет значение в коммуникационных задачах.

Полученные данные расширяют набор эмпирических сведений о реакции нижней ионосферы на солнечное затмение на область СНЧ частот. В развитие работы в дальнейшем предполагается выполнить более глубокий качественный и численный анализ процессов ионообразования и рекомбинации в нижней полярной ионосфере, а также комплексное сопоставления с данными других методов исследования нижней ионосферы, полученных во время данного затмения.

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ СПЕКТРА ИСКУССТВЕННОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ИОНОСФЕРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ НАГРЕВНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Е.Д. Терещенко, Р.Ю. Юрик.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Полярный геофизический институт"

В работе представлены результаты коротковолновых интерферометрических измерений искусственного радиоизлучения ионосферы в высоких широтах. Исследование проведено по измерениям искусственного радиоизлучения ионосферы, выполнявшихся в ходе экспериментов на высокоширотных коротковолновых нагревных стендах в г. Тромсе (EISCAT) и на арх. Шпицберген (SPEAR). Результаты показали, что при низких коэффициентах заполнения импульсной последовательности излучения нагрвного стенда в спектре наблюдаемого искусственного радиоизлучения ионосферы присутствуют специфические компоненты, говорящие о его пондеромоторной форме, что указаывает на отсутствие тепловых эффектов искусственной модификации ионосферы. При увеличении коэффициента заполнения импульсной последовательности излучения нагревного стенда, формы наблюдаемых спектров трансформируются в стационарные, указывая на то, что в искусственно модифицированной ионосфере происходит структуризация плазмы, а в генерации спектральных компонент важную роль играют искусственные ионосферные неоднородности.

Интерферометрические наблюдения углов прихода излучения показывают, что компоненты стационарных и пондеромоторных форм спектров искусственного радиоизлучения ионосферы генерируются в различных областях ионосферы. Различия в характерных временах возбуждения искусственного радиоизлучения ионосферы в высоких широтах может объясняться как более низкой мощностью нагревной установки SPEAR, так и выносом плазмы из возмущенной области.

ПОЛЯРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФГБУ "ААНИИ": ЗАДАЧИ, ВОЗМОЖНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

О.А. Трошичев

Арктический и Антарктический НИИ, С.Петербург,
olegtro@aari/ru

Полярный геофизический центр при ФГБУ «ААНИИ» был организован в 2013г для осуществления мониторинга геофизической обстановки в арктической зоне РФ. С этой целью в 2008-2015гг была проведена полная реконструкция геофизических станций Росгидромета в Арктике: были отремонтированы или построены новые жилые и служебные помещения, установлена новая аппаратура геофизических измерений и установлены терминалы спутниковой связи для оперативной передачи геофизической информации. В настоящее время сеть геофизических наблюдений Росгидромета в Арктике включает 11 станций, оснащённых магнитометрами и риометрами, на 5 из них ведётся также вертикальное и наклонное зондирование ионосферы. Полярный геофизический центр осуществляет

- оперативный сбор данных геофизических наблюдений на арктических станциях, прием и оперативную обработку всей геофизической информации, поступающей в ААНИИ;
- дистанционный контроль работы геофизической аппаратуры на арктических станциях и контроль качества и своевременности поступления данных;
- оперативный научный анализ данных геофизических наблюдений с целью диагностирования и прогноза геофизической обстановки в Арктической зоне РФ;
- визуализацию геофизической информации и результатов научного анализа;
- передачу оперативной геофизической информации и информационной продукции в ИИТС Росгидромета и заинтересованным потребителям;
- систематизацию и архивацию геофизических данных, ведение специализированных банков данных о геофизической обстановке в высоких широтах.

В числе перспективных задач, над которыми работает Центр, следует отметить: мониторинг и наукастинг состояния магнитосферы и полярной ионосферы в арктическом регионе, мониторинг внезапных ионосферных возмущений, мониторинг оптимальных частот радиосвязи в Арктике, диагностику эффектов искусственных воздействий на полярную ионосферу.

PC ИНДЕКС КАК ИНДИКАТОР ВХОДЯЩЕЙ В МАГНИТОСФЕРУ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА: РАЗВИТИЕ МАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

О.А. Трошичев, Д.А. Сормаков

Арктический и Антарктический НИИ, г. Санкт-Петербург
olegtro@aari.ru

Рассматривалось отношение *PC* индекса к межпланетному магнитному полю E_{KL} и к индексам магнитной активности *AL* и *SymH* в ходе 568 магнитных бурь с интенсивностью Dst>30nT, наблюдавшихся в период 1998-2015гг. Показано, что поведение PC индекса строго следует временной эволюции поля E_{KL} (корреляция R > 0.5 в 98% событий) с временной задержкой ΔT~20-30 мин. Необходимым и достаточным условием развития магнитных возмущений является превышение порогового значения *PC*=1.5±0.5мВ/м. Корреляция между *PC* и *AL* (R > 0.5) наблюдается в 99.8% событий при временной задержке ΔT ~ 0-10 мин, при этом момент внезапного начала магнитных суббурь определяется резким скачком скорости роста *PC* индекса. Магнитные бури развиваются при длительном (более часа) воздействии геоэффективного межпланетного электрического поля E_{KL}, когда *PC* индекс устойчиво превышает указанное пороговое значение. Корреляция между *PC* и *SymH* (R > 0.5) наблюдается в 75% событий при временной задержке ΔT ~ 30-90 мин.

Магнитные бури по характеру своего развития могут быть разделены на три типа: «классические бури», с одним чётко-выраженным максимумом магнитной депрессии, «пульсирующие бури», с повторяющимися в течение многих часов осцилляциями величин *PC* и *SymH* индексов, и «комбинированные бури», представляющие суперпозицию первых двух типов. Источником «классических» и «пульсирующих» бурь являются, соответственно, взаимодействующие с магнитосферой корональные выбросы солнечной массы (ICME) и потоки высокоскоростного солнечного ветра (CIR). Величина максимальной депрессии геомагнитного поля (Dst_{MIN}) и максимальная величина *PC* индекса в ходе магнитной бури (PC_{MAX}) связаны линейным соотношением, при этом максимальная интенсивность «классической» магнитной бури наблюдается с задержкой ~ 60 минут относительно момента PC_{MAX}.

ЗОНДИРОВАНИЕ АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА С НИС «ПРОФЕССОР МОЛЧАНОВ» И «АКАДЕМИК ФЕДОРОВ» ПО СИГНАЛАМ КА ГЛОНАСС/GPS

В.В. Удриш[1], В.М. Смирнов[2], А.В. Тертышников[3], Я.В. Глухов[3], Д.С.Ковалев[4], П.А. Тимофеев[1], Г.В. Коваленко[1], А.А. Окатьев[1]

[1]*МО ВС РФ, Москва;*
[2]*ФИРЭ РАН, Фрязино;*
[3]*ФГБУ ИПГ, Москва;*
[4]*САФУ, Архангельск*

Представлены результаты зондирования аврорального овала по сигналам Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS, полученные в ходе экспериментов по зондированию высокоширотной ионосферы с научно-исследовательских судов «Академик Федоров» и «Профессор Молчанов».

Данные зондирования высокоширотной ионосферы по сигналам космических аппаратов ГНСС ГЛОНАСС/GPS получены в ходе нескольких экспедиций 2011, 2013-2015 гг. в рамках проекта Арктического плавучего университета Северного (Арктического) федерального университета. В 2014-2015 гг. для экспедиций использовалось научно-исследовательское судно (НИС) «Профессор Молчанов», а в 2013 г. НИС «Академик Федоров». Для приема сигналов ГНСС использовался геодезический навигационный приемник «Trimble 5700».

По результатам исследований выявлены морфологические признаки аврорального овала для сигналов ГНСС. Овал проявляется в широтном градиенте электронной концентрации.

Для диагностики характеристик аврорального овала использовалась также модель Г.В. Старкова.

Технология зондирования высокоширотной ионосферы и аврорального овала по сигналам ГНСС реализуема с труднодоступных высокоширотных станций, в том числе подвижных.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ДРЕЙФОВО-КОМПРЕССИОННЫХ ВОЛН В МАГНИТОСФЕРЕ

М.А. Челпанов, П.Н. Магер, О.И. Бернгардт, О.В. Магер, Д.Ю. Климушкин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

С точки зрения теории, дрейфово-компрессионные моды (диапазон Pc5) являются наиболее типичными компрессиоными модами в магнитосфере, поскольку для их существования только конечное давление плазмы и неоднородность плазмы поперек магнитных оболочек. Однако до настоящего времени прямые свидетельства этих мод отсутствовали. Трудность заключается в том, что они должны иметь большие значения азимутального волнового числа, вследствие чего они не проникают на поверхность Земли и не могут наблюдаться с помощью наземных магнитометров, а при наблюдении с помощью космических аппаратов возникает известная проблема разделения пространственной и временной зависимости.
Ситуация значительно упрощается с помощью радарных исследований. Произведено статистическое исследование 16 случаев ультра-низкочастотных (УНЧ) волн Pc5, зарегистрированных в ночной магнитосфере с помощью среднеширотного радара когерентного рассеяния вблизи Екатеринбурга на протяжении 7 месяцев в 2014-2015 гг. Частоты колебаний оказались ниже характерных частот альфвеновских волн, оцененных благодаря информации о плотности плазмы, измеренной с помощью спутников THEMIS и Van Allen. Более того, частота наблюденных волн вообще не показывает зависимости от альфвеновской частоты.
Представлен также анализ одного из событий пульсаций диапазона Pc5, наблюдавшихся 26 декабря 2014 г. Кросс-вейвлет-анализ показал, что частота колебаний зависит от азимутального волнового числа (коэффициент корреляции между составляет 0.90) и существенно ниже альфвеновской частоты на тех же магнитных оболочках. Эти свойства показывают, что большинство УНЧ-волн Pc5 в ночной магнитосфере следует идентифицировать с дрейфово-компрессионной модой.
Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №14-37-00027.

ПРИОРИТЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ В РОССИИ

С.А. Черноус *(Полярный геофизический институт, г. Апатиты , 184209 Академгородок 26А; chernouss@pgia.ru)*

В докладе обращается внимание на описания и исследованиях полярных сияний в России, начиная с легенд народов, обитающих на Русском севере и хроник русских монастырей до космической эры. Особое внимание обращается на работы М.В. Ломоносова, Иосифа Сикоры, О.В. Хорошевой, Я.И. Фельдштейна и Г.В. Старкова. Внимательное чтение подлинников трудов Ломоносова позволяет автору утверждать, что важнейшим открытием великого ученого является не гипотеза об электрической природе полярных сияний, а доказательство того, что полярные сияния представляют собой собственное свечение атмосферы, но не отраженный, преломленный или рассеянный свет внешнего источника. В решении этого вопроса он превзошел таких ученых, как Галилео Галилей, Рене Декарт и Леонард Эйлер. Ломоносов задался вопросом «Почему сквозь полярные сияния видны звезды?». Это может быть лишь в том случае, если сияния – это самосвечение верхней атмосферы (по-современному – люминесценция). В качестве доказательства ученый на одной из гравюр изобразил созвездие Большой Медведицы, хорошо заметное сквозь полярное сияние. Работа Ломоносова была опубликована на латыни. Только через 100 лет в 1867 году шведский ученый Ангстрем пришел к такому же выводу на основании визуальных наблюдений спектров сияний, и он считается первым, кто показал, что различные спектральные линии - это самосвечение различного вещества.

Иосиф Сикора продолжил спектральные наблюдения полярных сияний и представил первые в мире хорошо документированные наблюдения спектров полярных сияний и массовые фотографии этого явления в Арктике на Шпицбергене в 1899 г. Сикора располагал лучшей по тому времени спектральной и фотографической аппаратурой, специально изготовленной в Германии, с регистрацией на фотопластинки. Он первым применил метод накопления при регистрации полярных сияний (время экспозиции 28 часов!) и открыл ранее не известные эмиссии сияний. К сожалению, публикации И. Сикоры на французском, немецком и итальянском языках в России и Европе, по-видимому, не дошли до большинства последующих исследователей.

В наше время выдающимся открытием советских ученых стал овал полярных сияний, представляющий собой мгновенную картину распределения полярных сияний над Землей, известный в мире, как овал Фельдштейна. Асимметрия овала прямо указывала на возможную асимметрию магнитосферы. Фактически овал полярных сияний представляет собой естественную систему координат, с положением которой обычно сравнивают многочисленные современные результаты исследований в ближнем космосе.

Кроме указанных работ, имели место многочисленные выдающиеся теоретические и экспериментальные

работы по исследованию полярных сияний и сопутствующих явлений, оставшиеся вне настоящего сообщения. Среди них хотелось бы отметить работы по применению модели циклотронного мазера (В. Трахтенгерц) к исследованию пульсирующих сияний и работы ГОИ, ПГИ и ИПГ (В.С.Давыдов, В.С. Евлашин, В.Ф. Тулинов, Т.А. Хвиюзова) по исследованию полярных сияний в светлое время суток. В ракетном эксперименте, проведенном с судна «Профессор Зубов» 10 из 11 пусков ракет МР-12 с оптической аппаратурой были успешными благодаря надежному прогнозу. Такой массовый эксперимент никем не был повторен до сих пор.

ОВАЛ ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ. КАК ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ПЭС В АРКТИКЕ

С. Черноус [1,] Ю. Шагимуратов [2], М. Филатов [1], М. Швец[1], Ю. Федоренкко [1] , И. Ефишов [2], И. Иевенко [3] , Н. Калитенков [4]

[1]*Полярный геофизический институт, г.Апатиты, Академгородок, 26А , chernouss@pgia.ru*
[2]*Калининградский филиал ИЗМИРАН , г.Калининград*
[3]*ИКФИА СО РАН, г.Якутск*
[4]*МГТУ, г. Мурманск*

Представлен сравнительный анализ пространственно-временных вариаций полного электронного содержания (ПЭС) в ионосфере и оптических полярных сияний, которые характеризуют изменения в полярной ионосфере при развитии суббури. Информация о ПЭС была получена из данных сети приемных станций GPS-ГЛОНАСС в авроральной и субавроральной зонах. Изображения полярных сияний в различных эмиссиях были получены с помощью оптических наблюдений на различных станциях. Кроме того, временные и пространственные распределения показателя ПЭС (ROTI) и оптических полярных сияний были построены на базе моделей, разработанных в КФ ИЗМИРАН и ПГИ. Показано сходство авроральных овалов и распределения неоднородностей ПЭС. Детальные сравнение были сделаны для нескольких событий, в частности для события 7 января 2015 года. Оптические измерения в этот день были представлены спектральными изображениями полярных сияний в основных авроральных эмиссиях OI 555.7, OI 630.0, N_2+ 470.9 и H 486.1 нм в субавроральной и авроральной зоне (Якутск и Покер Флэт). День 7 января 2015 года, характеризуется высокой активностью в период 07-13 UT. За это время как авроральная активность, так и вариации ROTI резко возросли в тех же секторах местного времени. Кроме того, иногда временные вариации показывают сходство в деталях. Это наблюдалось как на Аляске, так и в Якутии. Вариации ROTI , рассчитанные для отдельных спутников в поле зрения приемника показывают хорошее пространственно-временное соответствие с интенсивностью сияний как в красной, так и в синей областях спектра. Осуществлена попытка имитации прогнозирования зоны ионосферных возмущений в ПЭС по расчетным данным модели прогнозирования местоположения полярных сияний. Положение аврорального овала предсказывалось с помощью модели NORUSKA, разработанной российскими, норвежскими и американскими учеными в совместном проекте. Установлено наличие овала неоднородностей ПЭС и подобие асимметрии овалов неоднородностей и овалов полярных сияний. Рассматриваются возможности повышения точности при использования оптических полярных сияний для прогнозирования ошибок позиционирования.

Авторы благодарны грантам РФФИ 14-05-98820 р-север-а и 15-45-05090 р_восток-а за поддержку настоящей работы.

ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В D-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ ВЫСОКИХ ШИРОТ ВО ВРЕМЯ ПОЛНОГО СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАРТА 2015 Г

С.М. Черняков, В.А. Терещенко, О.Ф. Оглоблина, Е.Б. Васильев, А.Д. Гомонов

Полярный геофизический институт, 183010, Мурманск, ул. Халтурина, 15
sergeich@pgi.ru

Влияние солнечных затмений на окружающую среду, в том числе и на ионосферу, исследуется давно, однако до сих пор нет полной ясности в понимании происходящих процессов во время затмений. Первые исследования рассматривали реакцию ионосферы на полное солнечное затмение как на ее поведение во время «короткой ночи». Дальнейшие исследования показали, что физические процессы в ионосфере во время солнечных затмений более разнообразны и зависят от многих факторов: степени возмущенности околоземного пространства, сезона т.д. Приведены результаты наблюдений ионосферных эффектов во время полного солнечного затмения 20 марта 2015 г. в D-области ионосферы высоких широт по данным установки частичных отражений, расположенной на радиофизическом полигоне «Туманный» Полярного геофизического института (69N, 35.7E). На высотах 65-70 км изменение электронной концентрации было подобно изменению площади незакрытой поверхности Солнца диском Луны (функции затмения), или функции ионизации, что хорошо вписывается в понятие короткой ночи. На остальных высотах изменение электронной концентрации не следовало изменению функции затмения, а имело квазиволновой вид. Подобное поведение может быть объяснено влиянием на ионосферу акустико-гравитационных волн, сгенерированных при охлаждении атмосферы во время сверхзвукового прохождения лунной тени по поверхности Земли, изменением электронной концентрации во время затмения и вертикальными движениями в атмосфере. Волнообразные изменения присутствовали также в риометрических данных, полученных стандартным риометром обсерватории «Туманный» во время наблюдения затмения. Эффект короткой ночи дал возможность определить эффективные коэффициенты рекомбинации на высотах D-области ионосферы.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПУЛЬСАЦИЙ ДИАПАЗОНА PC5/PI3 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМАГНИТНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ И ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЛОТНОСТИ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ ОБС. СОДАНКЮЛЯ

Н.В. Ягова[1], О.В. Козырева[1], А. Козловский[2]

[1]*ИФЗ РАН , nyagova@yandex.ru,*
[2]*Геофизическая обс. Соданклюля, Соданкюля, Финляндия*

Исследованы спектральные параметры вариаций плотности и высоты ионосферных слоев и геомагнитного поля в диапазоне 1-5 мГц для магнитоспокойных условий и на восстановительной фазе магнитных бурь различной интенсивности. Изучены отдельные случаи когерентных пульсаций геомагнитного поля и параметров ионосферы и статистические закономерности. Для этого были использованы данные ионосферного зондирования с 1-мин временным разрешением. Для интервалов, когда критические частоты определяются с достаточной точностью, проведено спектральное оценивание и рассчитаны кросс-спектры вариаций ионосферных параметров и геомагнитного поля. Показано, что в условиях умеренной магнитной возмущенности регулярно наблюдаются когерентные пульсации ионосферных параметров и геомагнитного поля. Обсуждаются механизмы взаимного влияния геомагнитных и ионосферных пульсаций диапазона Pc5/Pi3.

АНАЛИЗ ФОНОВЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВАРИАЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КАК ИСТОЧНИКА ГЕОИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ НА АВРОРАЛЬНЫХ И СУБАВРОРАЛЬНЫХ ШИРОТАХ

Н.В. Ягова [1], А.Д. Лхамдондог [2], Ю.П. Гусев [2], В. А. Пилипенко [1,3], Е.Н. Федоров [1]

[1]*ИФЗ РАН, nyagova@yandex.ru*
[2]*НИУ МЭИ*
[3]*ИКИ РАН*

Изучены параметры геомагнитных вариаций на авроральных и субавроральных широтах и произведена оценка максимально возможных эффектов в промышленных электрических сетях. Выявлены наиболее опасные для возбуждения геоиндуцированных токов (ГИТ) географические зоны и конфигурации сетей. Проведен анализ основных факторов космической погоды, вызывающих максимальные значения производных по времени и максимальные пространственные масштабы экстремальных возмущений горизонтальных компонент геомагнитного поля. Показано, что наряду с известными и успешно прогнозируемыми возмущениями во время сильных магнитных бурь, экстремальные значения возмущений могут возникать на восстановительной фазе умеренных бурь и даже вне бури в результате наложения бухтообразных авроральных возмущений и геомагнитных пульсаций. В настоящее время прогноз таких возмущений невозможен и необходим анализ апостериори с целью выявления факторов космической погоды, благоприятных для возникновения возмущений пространственных производных горизонтальных компонент геомагнитного поля, потенциально опасных для промышленных электрических сетей.

О РОЛИ ЭМИЦ ВОЛН В ГЕНЕРАЦИИ ВЫСЫПАНИЙ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

А.Г. Яхнин[1], Т.А. Яхнина[1],Т. Райта[2], Ю. Маннинен[2]

[1]*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*
[2]*Геофизическая обсерватория Соданкюля, Соданкюля, Финляндия*

Рассеяние электронов радиационного пояса на ЭМИЦ волнах часто рассматривается как важнейший механизм высыпаний релятивистских электронов (РВЭ) в атмосферу. В то же время существуют и другие механизмы, которые могли бы быть ответственны за такие высыпания (например, рассеяние в области малых значений магнитного поля в экваториальной плоскости, рассеяние на ОНЧ волнах и на волнах вблизи верхне-гибридного резонанса). Чтобы оценить относительный вклад рассеяния на ЭМИЦ волнах, мы рассмотрели более 1000 событий ВРЭ с энергией ~ 1 МэВ, наблюдавшихся на спутниках NOAA POES с 1 июля по 31 декабря 2005 г. Из этого массива 81 событие ВРЭ наблюдалось вблизи (± 1 час MLT) меридианов обсерватории ПГИ Ловозеро и финской сети индукционных магнитометров. Геомагнитные пульсации Pc1, которые являются индикатором ЭМИЦ волн, регистрировались индукционными магнитометрами во время 22 событий (~27%). Регистрация пульсаций Pc1 на наземной станции может быть результатом распространения в ионосферном волноводе волны от удаленного источника. Поэтому, для того, чтобы выделить события ВРЭ, действительно связанные с ЭМИЦ волнами, мы использовали наблюдения локализованных высыпаний энергичных протонов. Такие протонные высыпания являются индикатором источника ЭМИЦ волн. Событий ВРЭ, которые наблюдались одновременно и с Pc1 и с протонными высыпаниями, оказалось 15 (18.5%). Доля событий ВРЭ, связанных с локализованными высыпаниями протонов, определенная для всего набора данных (безотносительно к наблюдениям Pc1 на определенной долготе) оказалась еще меньшей (15%). Это означает, что взаимодействие с ЭМИЦ волнами является далеко не главным механизмом рассеяния электронов с энергией ~1 МэВ.

ТРИ ТИПА ВЫСЫПАНИЙ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВ NOAA POES

А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина, Н.В. Семенова, Б.Б. Гвоздевский, А.Б. Пашин

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Рассмотрены характеристики высыпаний релятивистских (~1 МэВ) электронов (ВРЭ) по данным прибора MEPED на спутниках NOAA POES в течение 38-дневного интервала. На основе сопоставления ВРЭ с данными о высыпаниях энергичных (>30 кэВ) протонов и электронов показано, что все ВРЭ (за исключением микровсплесков) можно разделить на три морфологически разных типа, которые, вероятно, обусловлены разными механизмами. Первая группа событий ВРЭ наблюдается на ночной стороне на границе захвата МэВных электронов, и формирует здесь зону изотропных потоков. Очевидно, такие высыпания образуются в результате неадиабатичности движения релятивистских электронов в области слабого магнитного поля в экваториальной плоскости магнитосферы. Вторая группа ВРЭ наблюдается к экватору от границы изотропии и пространственно совпадает с локализованными вторжениями >30-кэВных электронов. Такие ВРЭ наблюдаются во всех секторах MLT с максимумом в предполуночные часы. Эти ВРЭ, очевидно, связаны с рассеянием частиц на волнах, а сопоставление с плотностью холодной плазмы в магнитосфере (по данным спутников LANL) позволяет предположить, что такими волнами являются плазмосферный хисс или электростатические волны вблизи верхнегибридного резонанса. Наконец, третья группа ВРЭ пространственно совпадает с локализованными высыпаниями энергичных протонов, что указывает на возможность рассеяния на ЭМИЦ волнах. Эти события наблюдаются в вечернем секторе MLT в области повышенных значений плотности холодной плазмы. Получены пространственные распределения вероятности наблюдения ВРЭ каждого типа. Максимальные вероятности для первой и второй группы ВРЭ составляют ~5%, а для третьей группы ~1%.

Научное издание

ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АРКТИКЕ

Всероссийская конференция

Сборник тезисов

Технический редактор В.Ю. Жиганов

Подписано к печати 12.09.2016
Формат бумаги 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic
Усл. печ. л. 6,16. Заказ № 22 Тираж 50 экз.

Российская Академия Наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14