

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ

(Совет "Солнце – Земля")

119334, Москва, Ленинский проспект, 38, корп.1
Институт динамики геосфер РАН

Тел.: (499) 137 07 11
Факс: (499) 137 65 11
e-mail: kotova@iki.rssi.ru

26 февраля 2014 г. № 001-14

В Отделение физических наук РАН

Отчет о работе «Научного совета РАН по физике солнечно-земных связей»
(Совет «Солнце – Земля») в 2013 г.

Совет включает 6 секций: физики солнечной плазмы, межпланетной среды, магнитосферы, ионосферы, литосферно-атмосферно-ионосферных взаимодействий, гелиобиофизики. В 2012 г. дополнительно организована совместная секция "Солнечная активность и климатические изменения" Научного совета РАН по физике солнечно-земных связей и Научного совета РАН "Исследования по теории климата Земли". Информация размещается в Интернете на странице, посвященной работе Совета «Солнце – Земля» (http://idg3.chph.ras.ru/sovet_sun-earth.php).

В 2014 г. было проведено 4 заседания бюро Совета и одно заседание Совета, посвященное обсуждению основных научных результатов, полученных в России по тематике Совета в 2013 г. (см. Приложение). Г.А. Жеребцов регулярно информировал членов бюро о ходе продвижения и начале выполнения мегапроекта «Национальный гелиофизический комплекс РАН» (см пункты А и Б Приложения). Согласован список конференций, которые будут проведены в 2014 г.

Одной из важнейших задач Совета «Солнце – Земля» является координация исследований в России в рамках международных программ Международного Научного Комитета по Солнечно-Земной Физике (СКОСТЕП - Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics - SCOSTEP). В 2013 г. закончилась научная программа СКОСТЕП исследования космической погоды и климата CAWSES-II (Climate and Weather of the Sun-Earth System – Климат и Погода в системе Солнце – Земля, 2009-2013 гг.). На заключительной конференции по этой программе в г. Нагоя, Япония, 18-22 ноября 2013 г. была принята новая научная программа на 2014 – 2018 гг. - VarSITI (Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact – Изменчивость Солнца и его влияния на Землю). В разработке и планировании этой программы активное участие принимали члены Совета, в первую очередь, В.Д. Кузнецов и В.Н. Обридко. В.Н. Обридко стал одним из со-руководителей первого проекта (всего проектов – 4) программы: «Солнечная эволюция и экстремальные события». Со-руководителем 3-го проекта программы «Определение и прогнозирование взаимосвязанных явлений во внутренней магнитосфере» стал Д.Р. Шкляр.

Научные конференции, прошедшие за отчетный период, при участии Совета «Солнце – Земля:

- ежегодная 8-ая конференция «Физика плазмы в солнечной системе» 4-8 февраля 2013 г., ИКИ РАН, Москва;
- 36-й ежегодный семинар "Физика авроральных явлений", 26 февраля – 1 марта 2012 г., КНЦ ПГИ РАН, Апатиты;
- Международная ежегодная конференция «Жизнь со звездой», 24 - 28 июня 2013 г., ИСЗФ СО РАН, Иркутск. В работе конференции со своими исследованиями в различных научных областях приняли участие более 100 ученых из 12 стран и 27 научных организаций;
- VI Всероссийская конференция по солнечно-земной физике, посвящённая 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова, 16-21 сентября 2013 г., ИСЗФ СО РАН, Иркутск;
- Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике (БШФФ-2013). Тема Школы 2013 года: "Физические процессы в космосе и околоземной среде". В рамках БШФФ-2013 традиционно состоялась XIII Конференция молодых ученых "Взаимодействие полей и излучения с веществом", 9 - 14 сентября 2013 г. ИСЗФ СО РАН, Иркутск;
- - Международная научно-практическая конференция – Polar 2013 - “Полярная геофизика Ямала: Наблюдения, инструменты, базы данных, и информационные системы, связанные с нефтяной и газовой промышленностью”, Надым, 21-25 октября, 2013 г.;
- - и др.

Председатель Совета
академик



Г.А. Жеребцов

Ученый секретарь Совета
к.ф.-м.н.



Г.А. Котова

Приложение: отчет о важнейших научных результатах, полученных в организациях, курируемых Советом, 26 стр.

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ СВЯЗЕЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ В 2013 Г.

Результаты, рекомендуемые Советом «Солнце-Земля» для включения в годовой отчет РАН

А. АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС САЯНСКОЙ СОЛНЕЧНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

В.М. Григорьев, ИСЗФ СО РАН



Завершено создание сооружений Астрономического комплекса Саянской солнечной обсерватории в составе двух астрономических башен телескопов АЗТ 33 ИК, АЗТ 33 ВМ и технического корпуса. Астрокомплекс предназначен для решения фундаментальных и прикладных задач в области контроля космического пространства, техногенного засорения и астероидно-кометной опасности.

Программа фундаментальных исследований СО РАН на 2013-2016 гг.

П.16.3. Физика Солнца и астрофизическое приборостроение. Координатор – чл.-корр. РАН В.М. Григорьев, ИСЗФ СО РАН, vgrig@iszf.irk.ru

Б. ПРОСТРАНСТВЕННО-РАЗНЕСЕННЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Г.А. Жеребцов, О.И. Бернгардт, А.В. Михалев, Н.П. Первалова, К.Г. Ратовский, Р.А. Рахматулин, А.Г. Сорокин (ИСЗФ СО РАН), А.А. Добрынина, Саньков В.А. (ИЗК СО РАН), berng@iszf.irk.ru

В Азиатском регионе РФ сформирован пространственно - разнесенный комплекс геофизических инструментов (когерентный ионосферный радар, сеть приемников GPS/ГЛОНАСС, инфразвуковая станция, оптические комплексы для измерения свечения верхней атмосферы, сеть магнитных станций, ионозонды) обеспечивающий мониторинг околоземного космического пространства, в том числе потенциально опасных явлений и объектов. Например, совместно с сетью сейсмических станций были зарегистрированы эффекты, сопровождавшие полет и взрыв Челябинского метеороида 15 февраля 2013 г. в геомагнитном поле, в ионосфере, атмосфере и литосфере Земли.

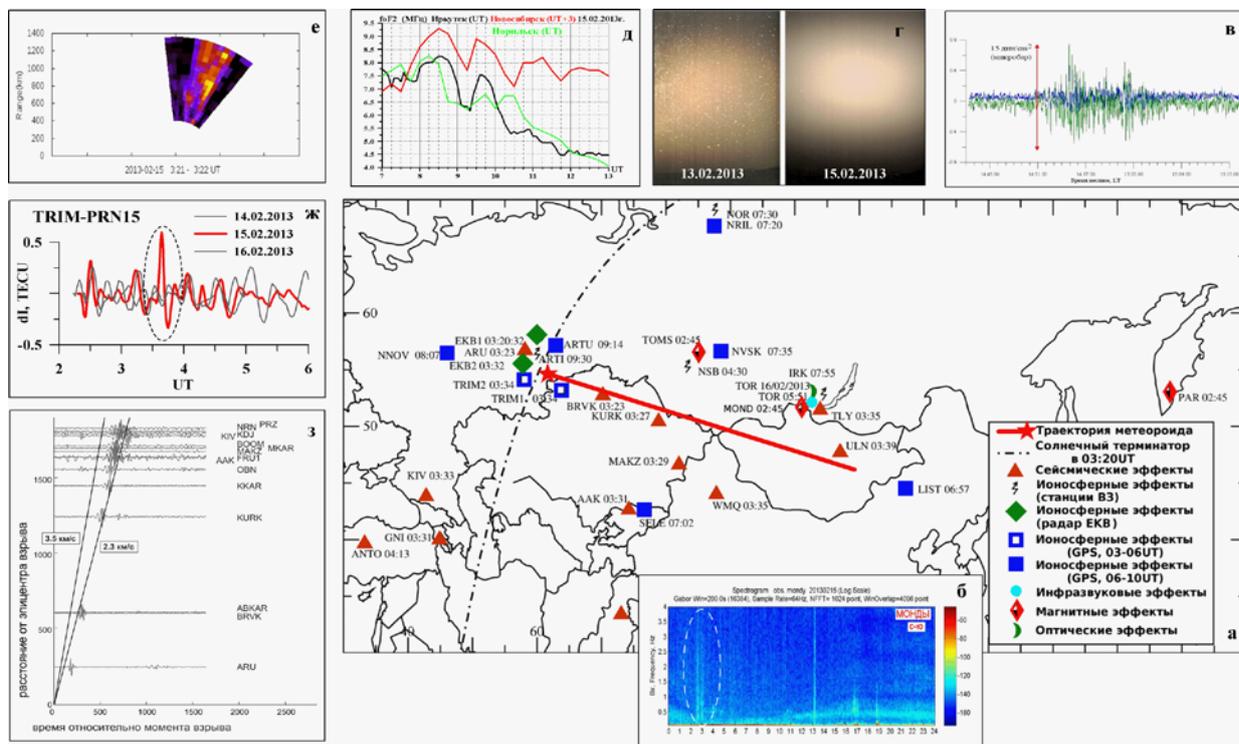


Рис. 1. Карта регистрации (а) и примеры (б-з) геофизических эффектов в азиатском регионе, сопровождавших падение Челябинского метеороида: шумовой всплеск в геомагнитном поле (б); инфразвуковой сигнал (в); свечение ночного неба (г); колебания критической частоты слоя F2 ионосферы (д); короткоживущая ионизованная область (е); колебания GPS-ПЭС (ж); сейсмические колебания (з). На карте показано место и время (UT) начала регистрации эффектов. Время взрыва метеороида: 03:20:33 UT

1. Бернгардт О.И., Добрынина А.А., Жеребцов Г.А., Михалев А.В., Первалова Н.П., Ратовский К.Г., Рахматулин Р.А., Саньков В.А., Сорокин А.Г. Геофизические явления, сопровождавшие падение Челябинского метеороида // Доклады академии наук. 2013. Т. 452, № 2. с. 205–207.

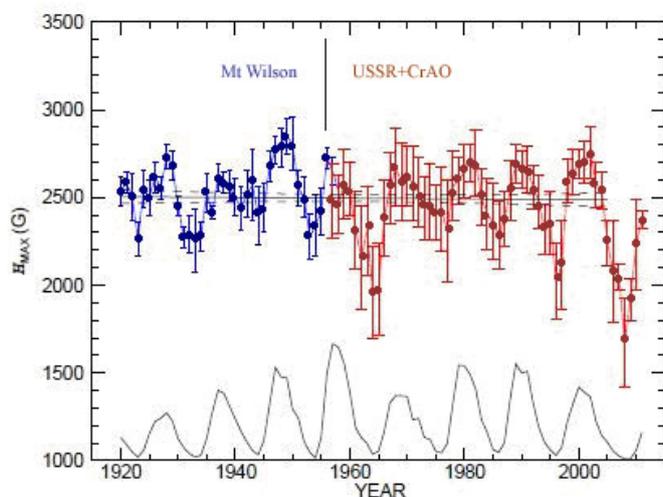
Далее результаты в разделах ранжированы по важности.

I. ФИЗИКА СОЛНЕЧНОЙ ПЛАЗМЫ

1. Циклические изменения средних магнитных полей крупных пятен.

Ю.А.Наговицын, А.Г.Тлатов (ГАО РАН), совместно с NSO-США и ИКИТ- Болгария, nag@gao.spb.ru

Завершен цикл работ по исследованию векового поведения магнитных полей солнечных пятен. На основе наблюдений обсерватории Маунт-Вилсон (США), шести обсерваторий Службы Солнца СССР и КрАО построен длительный ряд среднегодовых значений магнитных полей пятен в 1920-2013 гг. Впервые показано, что средние магнитные поля крупных пятен изменяются с 11-летним циклом в пределах 20-25% величины. Имеются также свидетельства о вековом изменении данного параметра. Таким образом, с циклом изменяется не только число носителей активности, но и их физические свойства. Это обстоятельство должно найти объяснение в рамках динамо-теории.



Циклические изменения среднегодовых магнитных полей пятен (синий цвет – наблюдения Маунт-Вилсон, красный – данные Службы Солнца СССР и КрАО) – сверху. 11-летний цикл активности – снизу.

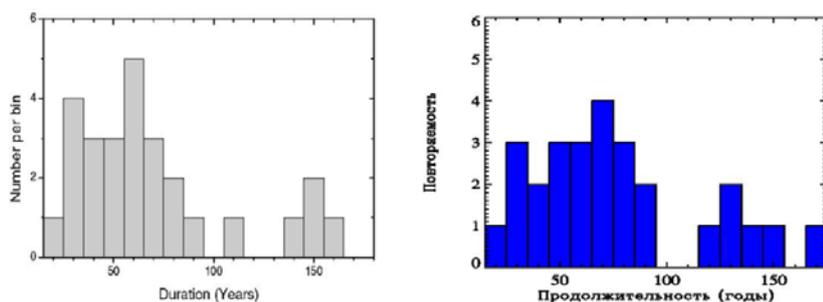
1. Nagovitsyn, Yury A.; Pevtsov, Alexei A.; Livingston, William C. *On a Possible Explanation of the Long-term Decrease in Sunspot Field Strength* // *The Astrophysical Journal Letters*, V. 758: L20, 5 pp. (2012).
2. Georgieva K., Kirov B., Nagovitsyn Yu. A. *Long-Term Variations of Solar Magnetic Fields Derived from Geomagnetic Data* // *Geomagnetism and Aeronomy*, V.53. pp.852-856 (2013).
3. Nagovitsyn Yu. A., Kuleshova A.I. *Recurrence of Flare Energy Releases in Solar Active Regions (Cycle 23)* // *Geomagnetism and Aeronomy*, V.53, P. 985-988. (2013).
4. Pevtsov Alexei A., Bertello Luca, Tlatov Andrey G., Kilcik Ali, Nagovitsyn Yury A., Cliver Edward W. *Cyclic and Long-term Variation of Sunspot Magnetic Fields* // *Solar Physics*. V.289, pp.593-602 (2014).

2. Модель связи глобальных экстремумов солнечной активности и асимметрии пятнообразования

Л.Л.Кичатинов, С.В.Олемской (ИСЗФ СО РАН), kit@iszf.irk.ru

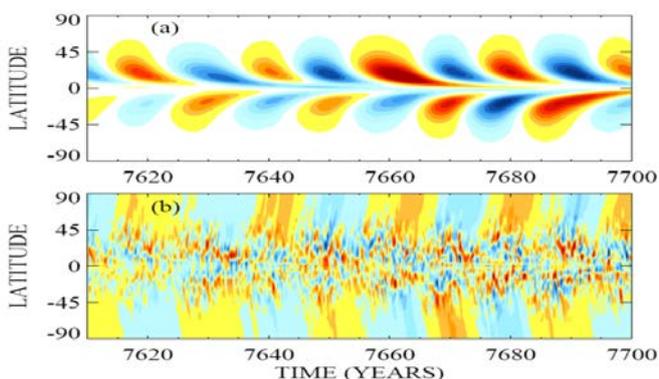
По данным Пулковского каталога CSA (Е. Милецкий и др., <http://www.gao.spb.ru/database/csa/>), каталогов обсерваторий Кодаяканал и Маунт-Вилсон проведены оценки параметров особой разновидности α -эффекта теории динамо, известной как механизм Бэбкока–Лейтона. Предложена модель динамо глобальных минимумов солнечной активности, подобных минимуму Маундера. Глобальные минимумы возникают из-за нерегулярных изменений параметров динамо во времени и в пространстве. Глобальные минимумы в расчетах

сопровождаются увеличением северо-южной асимметрии магнитного поля. Повышенная северо-южная асимметрия может быть индикатором вступления Солнца в эпоху пониженной магнитной активности.



Гистограмма продолжительностей глобальных минимумов солнечной активности.

Слева: по косвенным данным о солнечной активности в период Голоцена (Usoskin et al. 2007, A&A, 2007, 471, 371). Справа: по модели динамо с флуктуирующими параметрами.



Расчетная «бабочка» Маундера (a) и широтно-временная диаграмма радиального магнитного поля на солнечной поверхности (b) в модели динамо. Видны нерегулярные изменения амплитуды магнитных циклов и нарушения их экваториальной симметрии.

1. Олемской С.В., Чудури А.Р., Кичатинов Л.Л. Флуктуации альфа-эффекта и глобальные минимумы солнечной активности. // *Астрон. Журн.*, **90**, 501 (2013).
2. Olemskoy S.V., Kitchatinov L.L. Grand minima and north-south asymmetry of solar activity. // *Astrophys. J.*, **777**, 71 (2013).
3. Moss D., Kitchatinov L.L., Sokoloff D.D. Reversals of the solar dipole. // *Astron. Astrophys.*, **550**, L9 (2013).

3. Признаки появления позитронов в солнечных вспышках, следующие из наблюдений микроволнового излучения

Флейшман Г.Д. (ФТИ РАН им. Иоффе), Алтынцев А.Т. и Мешалкина Н.С. (ИСЗФ СО РАН), altyntsev@iszf.irk.ru

Предложен метод обнаружения позитронов, образующихся в ядерных реакциях во время солнечных вспышек, основанный на наблюдениях аномального распределения поляризации микроволнового излучения. Метод основывается на том, что противоположно заряженные частицы, электроны и позитроны, генерируют излучение с противоположным знаком круговой поляризации, который может регистрироваться действующими в настоящее время радиотелескопами (рис. 1). Анализ пространственно-разрешенных микроволновых данных, дополненных независимыми измерениями магнитного поля, позволил найти в нескольких солнечных вспышках определенные указания на вклад в излучение релятивистских позитронов (рис.2).

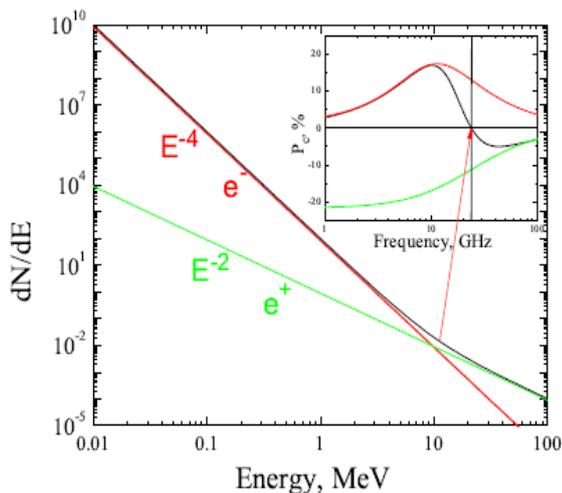


Рис.1. Иллюстрация метода выделения позитронного вклада в микроволновое излучение вспышки. Черная линия показывает суммарный спектр частиц с превышением вклада позитронов на высоких энергиях. Полное количество позитронов в 10^5 раз меньше электронного, однако их достаточно для обращения знака поляризации на высоких частотах (вкладка в рисунке).

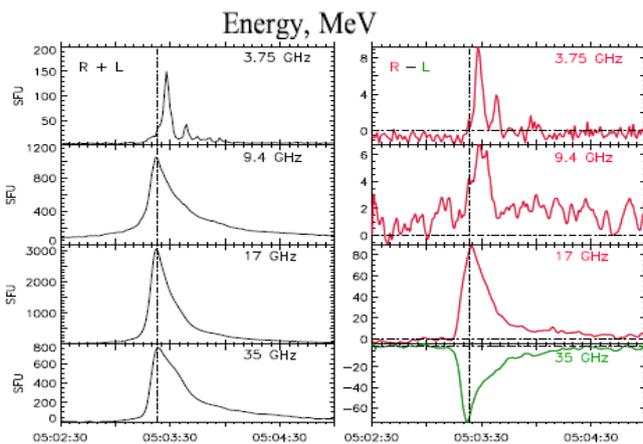


Рис.2. Поток микроволнового излучения во время вспышки 13 марта 2000 г. Слева – (R+L) интенсивность, справа – (R-L) круговая поляризация. Положение гиротронного источника не менялось с частотой, и было близко к центру диска Солнца. Видно, что знак поляризации обращается на частоте 35 ГГц.

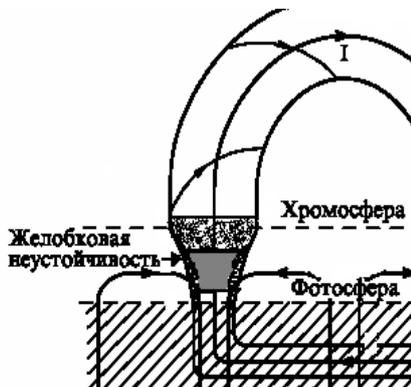
1. Fleishman G.D., Altyntsev A.T., Meshalkina N.S., *Microwave Signature of Relativistic Positrons in Solar Flares* // *Publ. Astr. Soc. Jap.* **65**, S7 (2013).

4. Суб-терагерцовое излучение солнечных вспышек: Плазменный механизм излучения хромосферы

В.В.Зайцев (ИПФ РАН), А.В.Степанов (ГАО РАН), В.Ф.Мельников (ГАО РАН, НИРФИ), stepanov@gao.spb.ru

Показано, что генерация мощного суб-терагерцового (200-400 ГГц) излучения солнечных вспышек происходит в хромосферных основаниях корональных магнитных петель во время их сильного прогрева. Прогрев сопровождается высокой степенью ионизации нижней хромосферы, требующейся для ленгмюровских частот суб-терагерцового диапазона.

Ключевая роль в происхождении суб-терагерцового излучения хромосферы принадлежит неустойчивости Рэля-Тейлора, которая приводит к проникновению внешней плазмы внутрь петли и вызывает генерацию индукционного электрического поля, эффективно ускоряющего электроны. Ускоренные электроны нагревают хромосферу *in situ* и возбуждают плазменные волны, рэлеевское и комбинационное рассеяние которых приводит к суб-терагерцовому излучению.



Схематическое изображение основания токнесущей вспышечной арки. Показаны источник суб-терагерцового излучения (серый цвет) и область free-free поглощения расположенная выше источника в хромосфере и нижней короне. Языки плазмы, вторгающиеся из-за желобковой неустойчивости в арку, вызывают генерацию индукционного электрического поля. Прогрев хромосферы и вышележащего слоя уменьшает free-free поглощение.

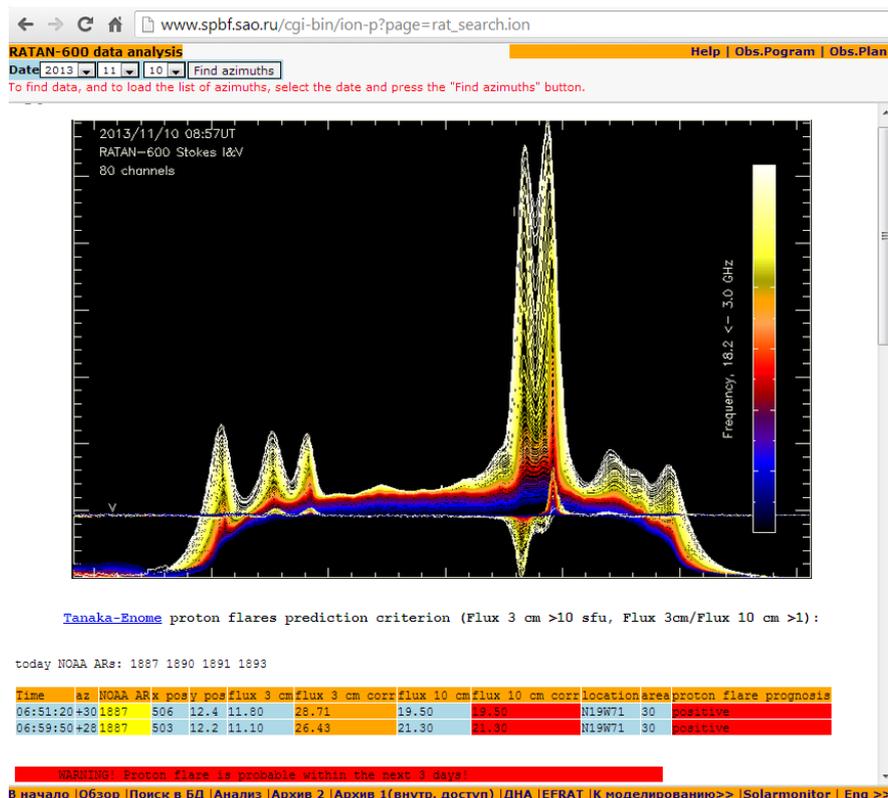
Публикация:

1. В.В.Зайцев, А.В.Степанов, В.Ф.Мельников. Субтерагерцовое излучение солнечных вспышек: Плазменный механизм излучения хромосферы // Письма в Астрон. журн. 39, 726 (2013).

5. Автоматическая веб-система прогноза крупных вспышек на основе данных спектральных наблюдений активных областей в микроволновом диапазоне

Тохчукова С.Х., Богод В.М., Петерова Н.Г. и др. (СПбФ САО РАН, ГАО РАН, ИСЗФ СО РАН), ybog_spb@mail.ru

Завершено создание работающей в автоматическом режиме многоволновой (80 частотных интервалов) системы заблаговременного (1-3 дня) прогноза солнечных вспышек по спектральным наблюдениям в радиодиапазоне. Прогноз основан на многолетних исследованиях особенностей спектров микроволнового излучения активных областей, производящих мощные геоэффективные вспышки. В 2013 г на РАТАН-600 в максимуме 11-летнего цикла активности проведена рекордно длительная серия спектрально-поляризационных наблюдений Солнца с 8-минутным временным интервалом, в диапазоне 0.75-18.2ГГц, со спектральным разрешением ~1%, которая показала высокую эффективность предложенного метода



Общий вид веб-страницы прогноза солнечных протонных вспышек и пример прогноза для 10 ноября 2013г. (http://www.spbf.sao.ru/cgi-bin/ion-p?page=rat_search.ion).

1. Abramov-Maximov V.E., Borovik V.N., Opeikina L.V. *Microwave Radiation of Solar Active Regions before X Flares according to the RATAN-600. Observations in 2011*// *Geomagnetism and Aeronomy*, V. 53, 989 (2013).
2. Peterova N.G., Topchilo N.A., Opeikina L.V., Agalakov B.V., Borisevich T.P., Lubyshev B.I. *Anomalous Polarization Features of the Cyclotron Radiation Source in the NOAA 7123 Active Region: The Structure, Dynamics and Reasons of Occurrence* // *Geomagnetism and Aeronomy*, V. 53, p. 1000 (2013).
3. Kaltman T.I., Bogod V.M., Stupishin A.G., Yasnov L.V. *Physical Conditions in the Low Corona and Chromosphere of Solar Active Regions according to Spectral Radio Measurements* // *Geomagnetism and Aeronomy*, Vol. 53, No. 8, pp.1030-1034 (2013)

6. Радиокарты Солнца с высоким динамическим диапазоном по данным наблюдений Сибирского солнечного радиотелескопа

А.Кочанов, С.Афиногенов, Д.Просоветский, Г.Руденко, В.Гречнев (ИСЗФ СО РАН), kochanov@iszf.irk.ru

Разработан новый метод построения и реконструкции радиоизображений на Сибирском солнечном радиотелескопе (ССРТ). На его основе создана система автоматической обработки первичных данных ССРТ и построения изображений. В результате получены радиокарты атмосферы Солнца с динамическим диапазоном ~ 30 дБ и температурной чувствительностью ≤ 500 К на частоте 5,7 ГГц в интенсивности и поляризации. База данных новых радиокарт (<http://ssw.iszf.irk.ru>) охватывает десятилетний период наблюдений. Главным преимуществом новых радиоизображений в сравнении с имеющимся архивом ССРТ является их повышенный динамический диапазон. Благодаря этому новые радиокарты воспроизводят микроволновые источники, такие как волокна и протуберанцы, хромосферная сетка, яркие корональные точки, корональные дыры и другие. Это существенно расширяет круг физических задач, решаемых с использованием данных ССРТ.

Разработанный метод построения радиоизображений Солнца может быть использован для обработки и анализа данных как на многоволновом радиогелиографе нового поколения, создаваемом на базе ССРТ, так и на других радиоинтерферометрах.

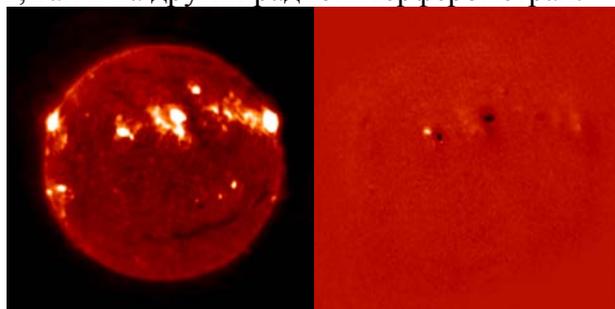


Рис. 1. Изображения Солнца с высоким динамическим диапазоном на длине волны 5.2 см в интенсивности (I) и круговой поляризации (V), полученные Сибирским солнечным радиотелескопом 11 мая 2011 г.

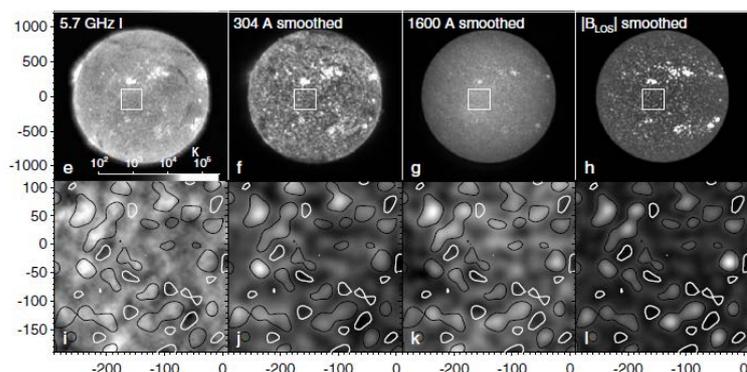


Рис. 2. Супергрануляционная сетка 7 июля 2010 г. в микроволновом излучении (ССРТ), крайнем ультрафиолете (SDO/AIA) и на магнитограмме (SDO/HMI). На нижних панелях показан увеличенный

участок соответствующих изображений с нанесенной магнитной сеткой. Корреляция радиогрануляции с хромосферными супергрануляционными структурами составляет ~ 0.7 .

I. A. Kochanov, S. Anfinogentov, D. Prosovetsky, G. Rudenko, V. Grechnev, Imaging of the solar atmosphere by the Siberian Solar Radio Telescope at 5.7 GHz with an enhanced dynamic range // Publications of the Astronomical Society of Japan, 2013, V.65, S19. e-Print: arXiv:1310.4250

7. Природа и свойства солнечных эрупций с потерей массы и спиральности

В.В. Гречнев, А.М. Уралов (ИСЗФ СО РАН), И.М.Черток, Б.П.Филиппов (ИЗМИРАН), grechnev@iszf.irk.ru

Геоэффективность нормального самовыброса выпуклого токонесущего солнечного волокна определяется областью эрупции. При аномальной эрупции волокна его форма изменяется, масса разбрасывается, а по магнитной спиральности и направлению поля магнитное облако может резко отличаться от источника эрупции. Причина аномальности эрупции – магнитное пересоединение внутренних полей волокна с окружающими полями в короне, приводящее к разбросу массы. Взаимодействующие магнитные структуры деформируются. Их магнитные спиральности перераспределяются. Высвобождается кинетическая энергия. Признаки аномальной эрупции – явления поглощения в ультрафиолетовом и микроволновом излучении; присутствие магнитной нулевой точки вблизи места эрупции. Аномальная эрупция вызвала сильнейшую магнитную бурю 23-го цикла.

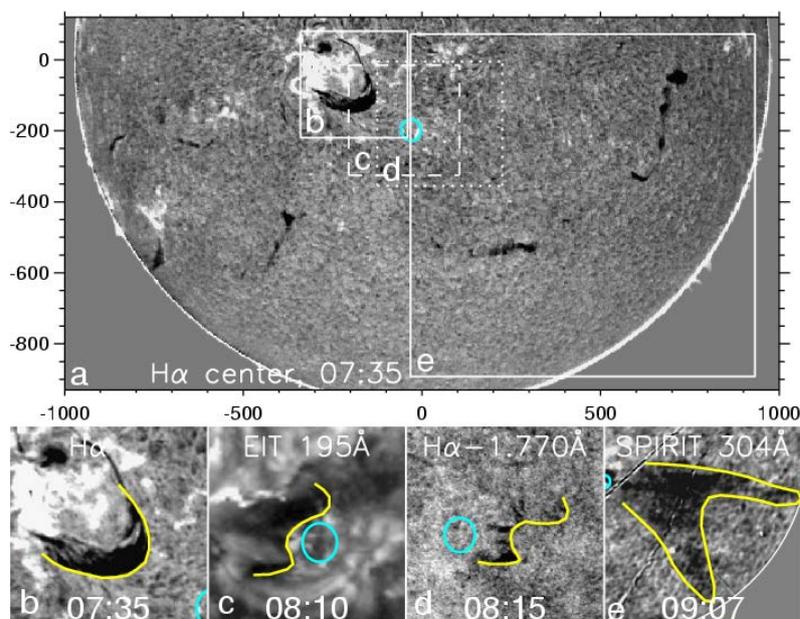


Рис. 1. Разделение эруптивного волокна. Вид с Земли. а),b) – Подковообразное волокно перед эрупцией. Желтой линией обведен его передний край. Бирюзовый овал очерчивает окрестность магнитной нулевой точки, расположенной в солнечной короне на пути волокна. с), d) – Волокно теряет форму, и содержащаяся в нем холодная (черная на рисунке) плазма разбрасывается над солнечной поверхностью. е). - Один корональный выброс летит вправо вниз, куда изначально была направлена эрупция. Его магнитное облако пролетит мимо Земли. Другое, невидимое на изображениях, магнитное облако летит из области бирюзового овала и попадает точно в Землю, породив сильнейшую магнитную бурю. Знак магнитной спиральности пришедшего к Земле магнитного облака противоположен знаку спиральности как эруптивного волокна, так и его родительской области.

2. *Grechnev, V. V.; Uralov, A. M.; Slemzin, V. A.; Chertok, I. M.; Filippov, B. P.; Rudenko, G. V.; Temmer, M. A Challenging Solar Eruptive Event of 18 November 2003 and the Causes of the 20 November Geomagnetic Superstorm. I. Unusual History of an Eruptive Filament // Solar Physics, 289, DOI: 10.1007/s11207-013-0316-6 (2013).*

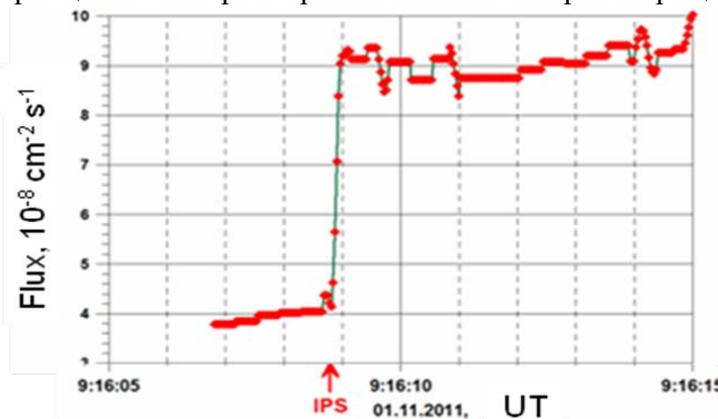
3. V.V. Grechnev, A.M. Uralov, I.M. Chertok, V.A. Slemzin, B.P. Filippov, Ya.I. Egorov, V.G. Fainshtein, A.N. Afanasyev, N.P. Prestage, M. Temmer. *A Challenging Solar Eruptive Event of 18 November 2003 and the Causes of the 20 November Geomagnetic Superstorm. II. CMEs, Shock Waves, and Drifting Radio Bursts // Solar Physics, 289, DOI:10.1007/s11207-013-0397-2 (2013).* (опубликована в электронном виде).
4. Grechnev, V.; Kuzmenko, I.; Uralov, A.; Chertok, I.; Kochanov, A. *Microwave Negative Bursts as Possible Indicators of Reconnection Between Eruptive Filaments and Large-Scale Coronal Magnetic Environment // Publ. Astron. Soc. Japan, 65, S10 (2013).*

II. ФИЗИКА МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЫ

8. Толщины и тонкая структура фронтов межпланетных и околоземной ударных волн.

Застенкер Г.Н., Рязанцева М.О., Колоскова И.В., Храпченков В.В, Далин П.А. (ИКИ РАН, НИИЯФ МГУ), Шафранкова Я., Немечек З., Прех Л. (Карлов Университет, Прага, Чехия)

Впервые показано, что длительности прохождения фронтов межпланетных ударных волн (МУВ) в солнечном ветре составляют десятые доли секунды (см. рис.1), что соответствует толщине фронта 60-450 км (порядка величины нескольких гирорадиусов протонов). Длительности фронтов околоземной ударной волны в 10-20 раз больше в соответствии с меньшими скоростями ее движения. В ряде случаев за фронтами ударных волн наблюдаются квазигармонические вариации всех параметров солнечного ветра с периодом около 0.2-0.5 сек.



Фронт межпланетной ударной волны по данным прибора БМСВ. Точки стоят через 31 мсек.
Длительность фронта 0.15 с

1. Nemecek, Z., J. Safrankova, O. Goncharov, L. Prech and G. N. Zastenker, *Ion scales of quasi-perpendicular low-Mach-number interplanetary shocks, Geophys. Res. Lett., DOI: 10.1002/grl.50814, 2013.*

9. Квазипериодические флуктуации фарадеевского вращения плоскости поляризации при радиозондировании околосолнечной плазмы

Ефимов А.И., Чашей И.В. (ИРЭ РАН, ПРАО АКЦ ФИАН), chashey@prao.ru
(Совместно с Боннским и Кельнским университетами Германии.)

Проведен анализ статистических характеристик флуктуаций фарадеевского вращения (ФФВ) плоскости поляризации радиоволн при просвечивании околосолнечной плазмы сигналами космического зонда HELIOS-1. Показано, что на гелиоцентрических расстояниях 3-12 радиусов Солнца регулярно наблюдаются квазипериодические осцилляции магнитного поля с периодами, изменяющимися в пределах от 2 до 160 мин., обусловленные цугами альвеновских волн, распространяющихся в сверхкороне Солнца. Наиболее часто наблюдаются

квазипериодические флуктуации 5-минутного диапазона, которые видны на спектрах мощности флуктуаций.

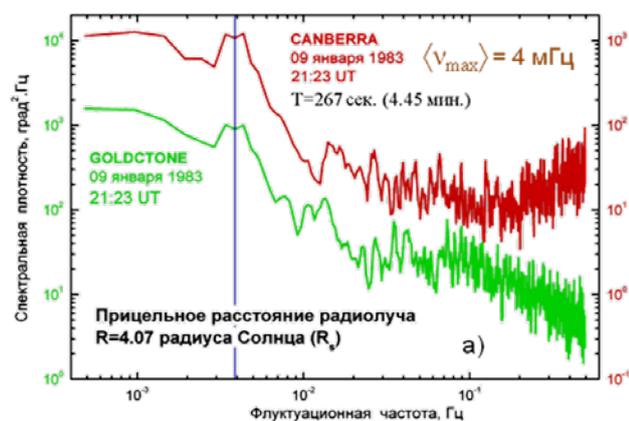


Рис. 1. Квазипериодические флуктуации фарадеевского вращения плоскости поляризации в области ускорения солнечного ветра.

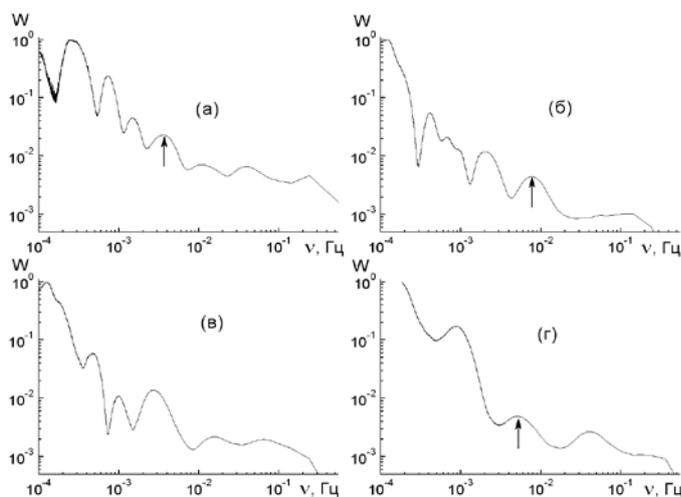


Рис. 2. Интегральные вэйвлет-спектры для сеансов (а) – 23.12.1981 г., $R=5.3 R_{\odot}$, Канберра; (б) – 10.01.1983 г., $R=6.7 R_{\odot}$, Мардид; (в) – 20.12.1981 г., $R=7.4 R_{\odot}$, Голдстоун; (г) – 06.01.1983 г., $R=11.45 R_{\odot}$, Канберра. Вэйвлет-спектры показывают, что наряду с флуктуациями 5-минутного диапазона (отмечены стрелками) наблюдаются и квазипериодические флуктуации с большими периодами.

1. Ефимов А.И., Луканина Л.А., Рогашкова А.И., Самознаев Л.Н., Чашей И.В., Берд М.К., Пэтцольд М. Квазипериодические флуктуации фарадеевского вращения плоскости поляризации при радиозондировании околосолнечной плазмы // Радиотехника и электроника. Т.58. №9. С.916-925. 2013

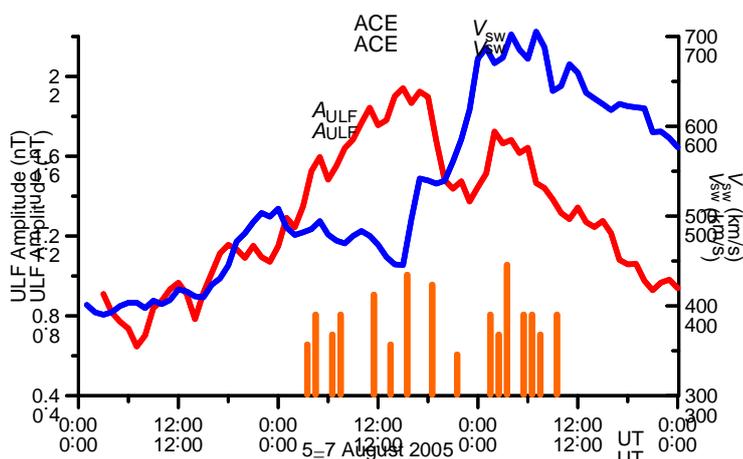
III. ФИЗИКА МАГНИТОСФЕРЫ

10. Связанные волновые процессы в диапазоне УНЧ колебаний на Солнце, в межпланетной среде и в магнитосфере Земли

А.С. Леонович, А.С. Потапов (ИСЗФ СО РАН), leon@iszf.irk.ru, potapov@iszf.irk.ru

Получены результаты, подтверждающие важную роль ультранизкочастотных (УНЧ) колебаний в передаче волновой энергии от Солнца до магнитосферы Земли.

Обнаружено, что некоторые типы УНЧ колебаний межпланетного магнитного поля (ММП) на орбите Земли, возможно, связаны с колебаниями скорости плазмы в областях корональных дыр на Солнце. В одном из наблюдений, как спектр солнечных колебаний, так и спектр УНЧ-осцилляций ММП, зарегистрированных на спутнике, имели острые пики на частотах около 3.4–3.6 мГц. В спектрах УНЧ-волн, наблюдавшихся в передних частях 92 высокоскоростных потоков солнечного ветра, также были обнаружены пики, соответствующие 3- и 5-минутным колебаниям, наблюдаемым на Солнце. Это не следует рассматривать как прямое доказательство связи колебаний на Солнце с УНЧ-волнами на земной орбите, но указывает на возможность такой связи.



Слева: Высокоскоростной поток солнечного ветра из корональной дыры, 5–7 августа 2005 г. Синяя линия – вариации скорости солнечного ветра, красная – сглаженные вариации амплитуды УНЧ волн. Справа: Пример сравнения спектров солнечных и межпланетных колебаний

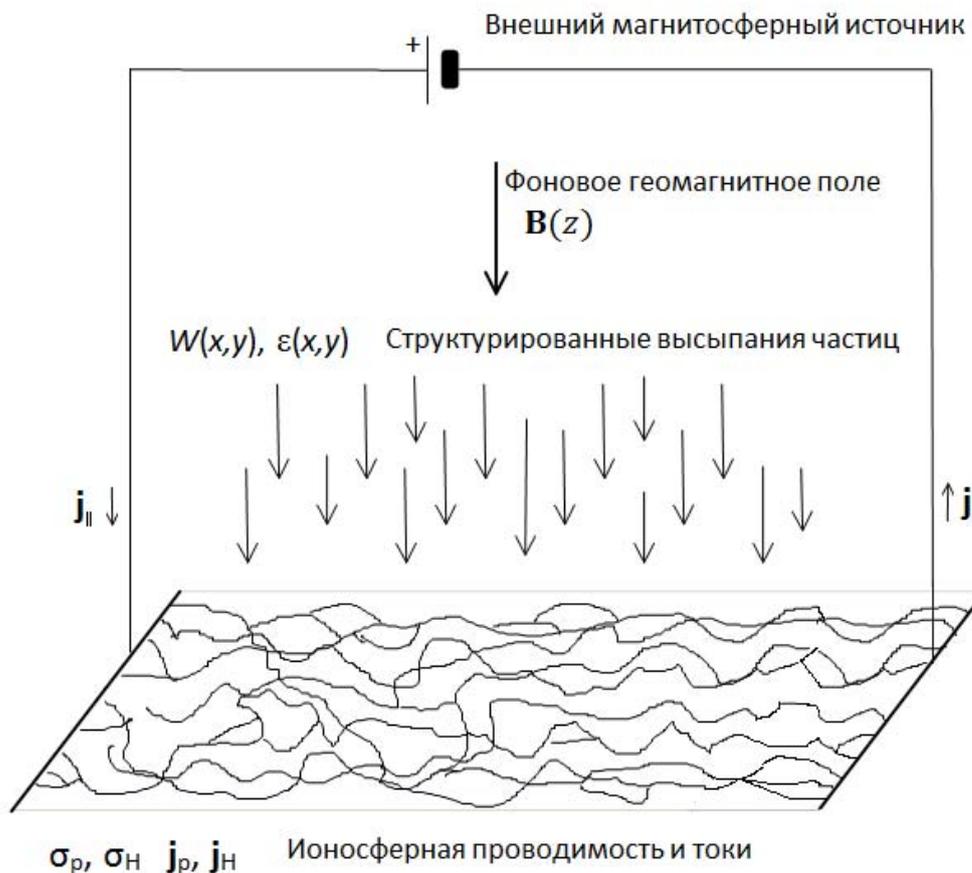
Аналогичные УНЧ-колебания могут генерироваться на границе магнитосферы Земли – магнитопаузе – при ее взаимодействии с фронтами ударных волн, распространяющихся в солнечном ветре. Возможные механизмы их генерации - прямое ударное воздействие фронта ударной волны, или развитие неустойчивости Кельвина-Гельмгольца на магнитопаузе. Эти УНЧ-волны переносят значительную волновую энергию и импульс из солнечного ветра в магнитосферу. Такой волновой поток при резонансном взаимодействии с медленными магнитозвуковыми волнами в магнитосфере способен передать значительный импульс ионам магнитосферной плазмы. В результате, в областях, прилегающих к магнитопаузе, может сформироваться обратный (по отношению к обычному) конвекционный поток магнитосферной плазмы – ячейки обратной конвекции.

1. Potapov A.S., T.N. Polyushkina, V.A. Pulyaev, *Observations of ULF waves in the solar corona and in the solar wind at the Earth's orbit, J. Atmosph. Solar-Terr Phys.* 102(2013), 235–242.
2. Мишин В. В., Ю. Ю. Клибанова, Б. Цэгмэд. Влияние наклона фронта неоднородности солнечного ветра на свойства вызванных им длиннопериодных геомагнитных пульсаций // *Космические исследования.* 2013, том 51, № 2, с. 107–118.
3. Leonovich A.S., D.A. Kozlov, *Magnetosonic resonances in the magnetospheric plasma, Earth Planets and Space,* 65, 369–384, 2013.

11. Фрактальные параметры ионосферной проводимости в авроральной зоне

М.М. Могилевский, А.А. Чернышов (ИКИ РАН), Б. В. Козелов (ПГИ РАН), mogilevsky@romance.iki.rssi.ru,

Впервые получены топологические характеристики (фрактальные размерности и индексы связности) структуры педерсеновской и холловской проводимости в ночной авроральной зоне ионосферы. Показано, что одно и то же высыпание может создавать фрактальные структуры с разными параметрами для педерсеновской и холловской проводимости. Анализ полученных значений индекса связности позволил впервые показать, что в отличие от тока Педерсена, критическое условие протекания для тока Холла приводит к ограничению фрактальной размерности сверху, то есть ток не может заполнять всю плоскость, и в этой плоскости допустимо значительное количество "дырок" и пустот. Полученные теоретические результаты находятся в хорошем соответствии с экспериментальными данными наземных оптических наблюдений и измерениями на спутниках.

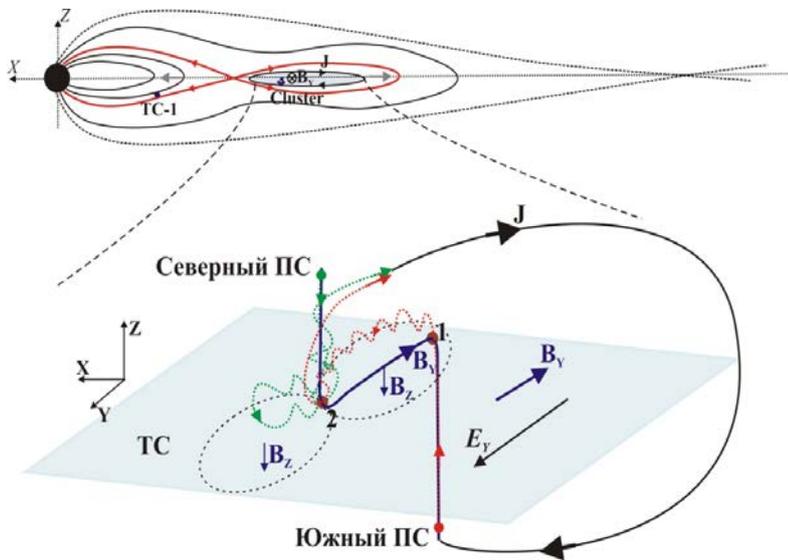


2. A.A. Chernyshov, M.M.Mogilevsky and B.V.Kozelov, Use of fractal approach to investigate ionospheric conductivity in the auroral zone. *Jornal Geophysical Research: Space Physics*, vol.118, p.1-11, doi: 10.1002/jgra.50321,2013.

12. Кинетический механизм усиления хиральности в магнитоплазменных конфигурациях

Е.Е. Григоренко, Х.В. Малова, А.В. Артемьев, Л.М. Зеленый (ИКИ РАН), elenagrigorenko2003@yahoo.com

На основе многоспутниковых наблюдений CLUSTER установлен механизм усиления магнитной хиральности плазмоида токами, связанными с асимметрией в отражении/преломлении траекторий неадиабатических ионов в токовом слое геомагнитного хвоста. Возникающая в результате данных кинетических эффектов токовая система способствует усилению сдвигового магнитного поля B_y до значений, обеспечивающих замагничивание ионов и прекращение действия кинетических эффектов. Данный механизм демонстрирует как плазменные эффекты, проявляющиеся на микромасштабах (кинетических масштабах), влияют на крупномасштабную конфигурацию магнитоплазменной системы.



Усиление сдвигового магнитного поля B_y в токовом слое хвоста (показан голубым цветом) за счет формирования в плазменном слое (ПС) токовой петли J . В данной магнитной конфигурации ионы, приходящие из северной доли (показаны зеленым цветом) после взаимодействия с токовым слоем инжектируются назад в северный ПС, при этом, ионы, приходящие из южной доли (показаны красным цветом), также инжектируются в северный ПС. В результате возникает асимметрия север-юг, создающая противоположно направленные токи (токовую петлю) внутри которой поле B_y усиливается.

1. E.E. Grigorenko, H. V. Malova, A. V. Artemyev, O.V. Mingalev, E. Kronberg, R. Koleva, P. W. Daly, J. B. Cao, J.-A. Sauvaud, C. J. Owen, L.M. Zelenyi, *Current sheet structure and kinetic properties of plasma flows during a near-Earth magnetic reconnection under the presence of a guide field*, *J. Geophys. Res.*, 118, 3265–3287, doi:10.1002/jgra.50310, 2013.

13. Новый тип протонных высыпаний

А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина (ПГИ РАН), yahnin@pgia.ru

Обнаружен новый тип вторжений в ионосферу энергичных протонов к экватору от изотропной границы, связанный с генерацией электромагнитных ионно-циклотронных волн. Эти вторжения с характерными размерами 2-5° по широте и до нескольких десятков градусов по долготе, которые наблюдаются на дневной стороне. Сделан вывод о том, что причиной протонных вторжений (рассеяния протонов в конус потерь) является развитие ионно-циклотронной неустойчивости в области поперечной анизотропии энергичных протонов, которая образуется на дневной стороне при расщеплении дрейфовых оболочек.

По данным наблюдений на низкоорбитальных спутниках NOAA рассмотрены особенности высыпаний энергичных протонов к экватору от изотропной границы во время геомагнитной бури. На главной фазе бури и в начале восстановительной фазы основным типом высыпаний энергичных протонов являются локализованные по широте (около 1°) высыпания в вечернем секторе. Во время восстановительной фазы появляются локализованные высыпания в утреннем секторе. Нами впервые выявлен третий тип высыпаний энергичных протонов – протяженные по долготе и широте высыпания на дневной стороне. Этот тип высыпаний протонов наблюдается на относительно высоких широтах (65-70° широты) и существует в течение всей бури, причем интенсивность этих высыпаний максимальна в начале фазы восстановления. Сделано предположение о том, что механизмом, приводящим к этим высыпаниям, является так называемое «расщепление дрейфовых оболочек», возникающее вследствие постоянно существующей асимметрии магнитного поля Земли. В результате расщепления дрейфовых оболочек частицы с малыми питч-углами, инжектированные на ночной стороне, оказываются на дневной стороне на меньших расстояниях от Земли, чем частицы с большими питч-углами. Это приводит к поперечной анизотропии горячих протонов в высоких широтах на дневной стороне и, соответственно, к росту инкремента ионно-циклотронной неустойчивости и рассеянию протонов по питч-углам.

1. Т.А. Яхнина, А.Г. Яхнин. Протонные высыпания к экватору от изотропной границы во время геомагнитной бури 20-29 ноября 2003 года // *Космические исследования*, 2014. Т.52, N1, 82-88.

14. Наблюдения и теоретический анализ квазипериодических ОНЧ излучений и высыпаний энергичных электронов в субавроральной магнитосфере

П.А.Беспалов, А.Г.Демехов, Д.Л.Пасманик, (ИПФ РАН); Н.Г.Клейменова, О.В.Козырева, (ИФЗ РАН, ИКИ РАН), Е.Е.Титова (ПГИ РАН), andrei@appl.sci-nnov.ru

Анализ новых наземных и спутниковых данных о квазипериодических (QP) ОНЧ излучениях в магнитосфере Земли ($f \sim 1$ кГц, $T \sim 15-600$ с) и их теоретическая интерпретация позволили существенно развить и уточнить представления о механизмах их формирования.

- Впервые в данных прямых наблюдений обнаружена корреляция квазипериодических ОНЧ излучений в магнитосфере Земли с всплесками высыпаний энергичных электронов, зарегистрированных детектором частиц на низколетящем спутнике (использованы данные спутников DEMETER и NOAA). Наблюдения позволили оценить поперечный размер магнитной силовой трубки, в которой формируются квазипериодические излучения, полученные оценки (~ 100 км) согласуются с развитой ранее теорией такого вида излучений.

Детально проанализированы наблюдения QP излучений на субавроральной станции Kannuslehto (Финляндия) в декабре 2011 г. и предложена их теоретическая интерпретация. Наблюдавшиеся в это время аномально большие периоды повторения спектральных форм таких сигналов (1-10 мин., при типичных значениях 30-50 с) удается объяснить низкой добротностью магнитосферного резонатора для ОНЧ волн в условиях, когда сопряженная с точкой наблюдений область ионосферы соответствует дневным условиям, и малой мощностью источника энергичных электронов во время относительно слабой геомагнитной активности. В этот же период наблюдались как регулярное увеличение периодов QP излучений со временем, которое можно объяснить постепенным уменьшением концентрации энергичных электронов в магнитосфере в отсутствие значительных возмущений, так и значительные суббуревые вариации периодов в диапазоне 2-10 мин., которые объясняются увеличением электронных потоков в активную фазу суббури.

3. Hayosh M., Pasmanik D. L., Demekhov A. G., Santolik O., Parrot M., Titova E. *Simultaneous observations of quasi-periodic ELF/VLF wave emissions and $ele=-0987654321$ electron precipitation by DEMETER satellite. A case study // J. Geophys. Res. — 2013. — doi:10.1002/jgra.50179.*
4. Manninen J., Kleimenova N.G., Kozyreva O.V. Bepalov P.A., Kozlovsky A.E. *Non-typical ground-based quasi-periodic VLF emissions observed at L_{5.3} under quiet geomagnetic conditions at night // J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys. 2013. V. 99. P. 123–128.*
5. Маннинен Ю., Титова Е.Е., Демехов А.Г., Козловский А.Е., Пасманик Д.Л. *Квазипериодические ОНЧ излучения: анализ периодов на различных временных масштабах // Космические исследования, 2014, том 52, № 1. С.63-70.*

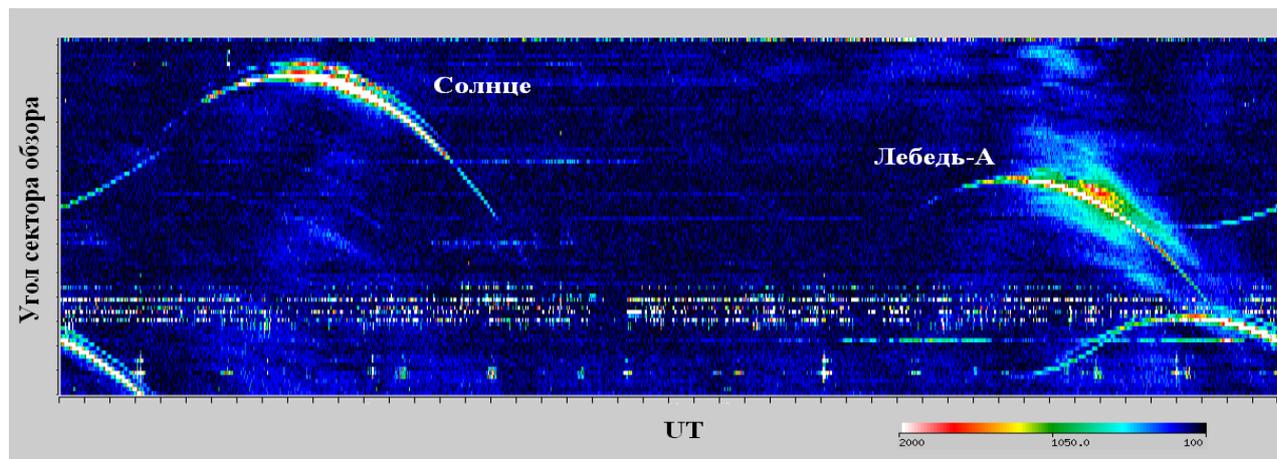
IV. ФИЗИКА ИОНОСФЕРЫ

15. Радиоастрономические наблюдения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния

Р.В. Васильев, Д.С. Кушнарев, Л.К. Кашапова, В.П. Лебедев, А.В. Медведев, Н.И. Невидимов, К.Г. Ратовский (ИСЗФ СО РАН), medvedev@iszf.irk.ru

Разработан метод наблюдения дискретных космических радиоисточников в диапазоне 149-164 МГц с использованием Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Создан программно-аппаратный комплекс, позволяющий с высоким временным разрешением (единицы секунд) и в большом динамическом диапазоне (70 ДБ) вести регистрацию потока радиоизлучения дискретных космических радиоисточников, проходящих через сектор обзора радара, таких, как Солнце, Лебедь-А, Кассиопея-А. Установлено хорошее согласие данных о

вариациях солнечного радиоизлучения, полученных в 2013 году на ИРНР и радиогелиографе Nansay. Одновременное наблюдение на ИРНР Солнца и стабильных дискретных космических радиоисточников позволяет использовать ИРНР в качестве дополнительного средства контроля солнечной активности с абсолютной калибровкой потока радиоизлучения.



Дискретные радиоисточники, наблюдаемые на ИРНР. Диаграмма отражает поведение мощности принимаемого радиосигнала в течение суток. Цветом от черного к белому указана мощность в относительных единицах.

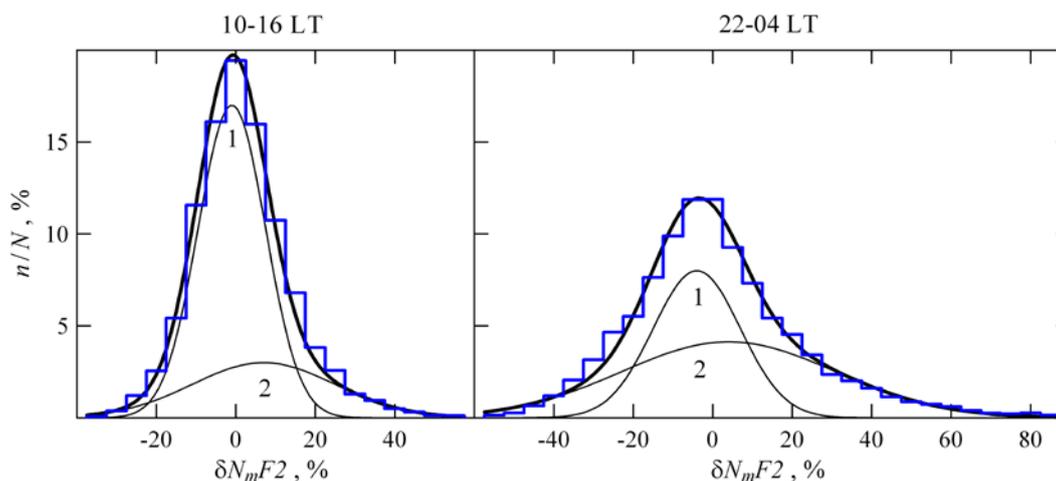
1. Васильев Р.В., Кушнарев Д.С., Кашапова Л.К., Лебедев В.П., Медведев А.В., Невидимов Н.И., Ратовский К.Г. Первые результаты радионаблюдений Солнца и мощных дискретных источников на иркутском радаре // *Астрономический журнал*. 2013. Т. 90, №11. С. 948-958.
6. 2.Vasilyev R.V., Kushnarev D.S., Lebedev V.P., Medvedev A.V., Nevidimov N.I., Ratovsky K.G. Perspectives of usage of Irkutsk incoherent scatter radar (ISR) as an imaging riometer and radio-heliograph // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, doi 10.1016/j.jastp.2013.06.012

16. Новое свойство изменчивости параметров максимума F2-слоя ионосферы

М.Г. Деминов, Г.Ф. Деминова, (ИЗМИРАН), Г.А. Жеребцов, Н.М. Полех, (ИСЗФ СО РАН), deminov@izmiran.ru

Впервые на основе статистического анализа данных среднеширотной ионосферной станции для спокойных условий при низкой солнечной активности установлено, что гистограмму относительных отклонений концентрации максимума F2-слоя от фона ($\delta N_m F2$) можно аппроксимировать смесью двух нормальных распределений, первый и второй компоненты которых ассоциируются с ионосферными эффектами атмосферных гравитационных волн (АГВ) и планетарных волн и приливов соответственно. Отклонения гистограмм $\delta N_m F2$ от одного нормального распределения наиболее значительны в ночные часы зимой и в равноденствия, когда знаки смещения (отклонения от среднего) для первого и второго компонентов смеси различны.

Для ионосферных исследований данная функция – смесь двух нормальных распределений – использована впервые.



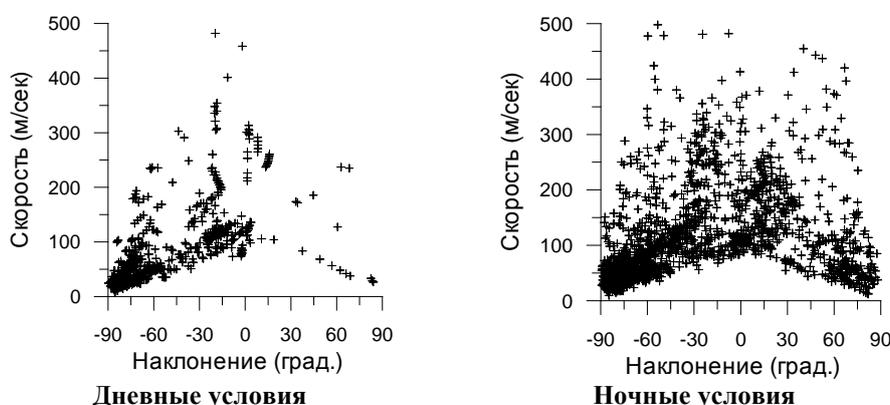
Гистограммы $\delta N_m F2$ для дневных (10-16 LT) и ночных (22-04 LT) часов по всем данным ст. Иркутск для спокойных условий в интервале 2007-2010 гг. Аппроксимации гистограмм смесью двух нормальных распределений (толстые линии), компоненты 1 и 2 смеси (тонкие линии).

1. *Deminov M.G., Deminova G.F., Zherebtsov G.A., Polekh N.M. Statistical properties of variability of the quiet ionosphere F2-layer maximum parameters over Irkutsk under low solar activity // Adv. Space Res. 2013. V. 51. No. 5. P. 702-711.*

17. Экспериментальное исследование проявления внутренних гравитационных волн в верхней атмосфере Земли

А.В. Медведев, К.Г. Ратовский, М.В. Толстикова, А.А. Щербаков, С.С. Алсаткин (ИСЗФ СО РАН), medvedev@iszf.irk.ru

Создан автоматизированный метод анализа трехмерных пространственно-временных неоднородностей электронной концентрации в ионосфере с использованием данных Иркутского радара некогерентного рассеяния и ионозонда DPS-4. Впервые получена представительная статистика характеристик распространения перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ). На основе данных о полном трехмерном векторе скорости ПИВ осуществлен анализ дисперсионных зависимостей для наблюдаемых волновых возмущений. Установлено, что скорости и углы наклона большинства наблюдаемых ПИВ соответствуют существующим представлениям о законах распространения внутренних гравитационных волн в верхней атмосфере. От 70 до 90% волн имеет источник ниже области наблюдения. Волны, распространяющиеся сверху вниз, связаны, вероятно, с отражением первичных волн на высотах выше области наблюдения.



Распределения на фазовой плоскости: модуль фазовой скорости – угол наклона волнового вектора относительно горизонта (положительные значения соответствуют распространению вниз, отрицательные – вверх).

1. Медведев А.В., Ратовский К.Г., Толстиков М.В., Щербаков А.А., Алсаткин С.С. Статистическое исследование характеристик распространения перемещающихся ионосферных возмущений по данным радиофизического комплекса ИСЗФ СО РАН // Солнечно-земная физика. 2012. Вып. 20. С. 85–91.
2. Medvedev A.V., Ratovsky K.G., Tolstikov M.V., Alsatkin S.S., Scherbakov A.A. Studying of the spatial-temporal structure of wavelike ionospheric disturbances on the base of Irkutsk incoherent scatter radar and Digisonde data // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.09.001>.

V. ФИЗИКА ЛИТОСФЕРНО-АТМОСФЕРНО-ИОНОСФЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

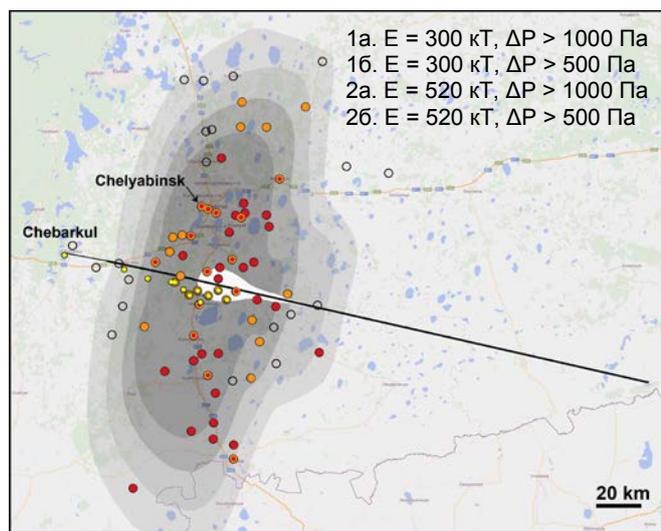
18. Анализ Челябинской катастрофы

О.П. Попова, Д.О. Глазачев, Ю.С. Рыбнов, В.А. Харламов, В.В.Шувалов (ИДГ РАН), В.В. Емельяненко, А.П. Карташова (ИНАСАН), olga@idg.chph.ras.ru

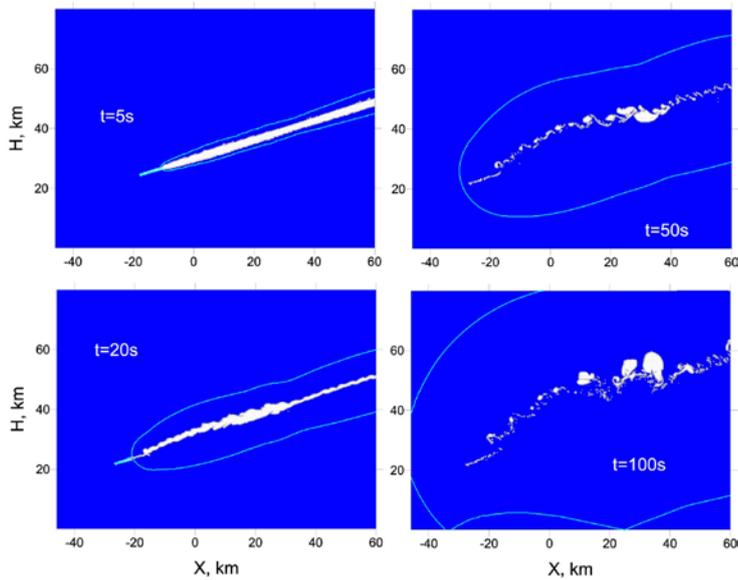
Проведен комплекс исследований, позволивший:

- по инфразвуку и повреждениям на поверхности оценить энергию космического тела (400-600 кт ТНТ);
- по световой кривой построить модель энерговыделения и по этой модели рассчитать распространение воздушных волн, в том числе их воздействие на поверхность Земли.

Получено удовлетворительное соответствие областей разрушения и районов разрушения. Показано, что выделение энергии имело протяженный характер и существенно отличалось от энерговыделения при точечном взрыве.



Численное моделирование распределения избыточного давления ΔP в окрестности падения Челябинского метеорита: E – энергия метеороида (кт ТНТ); черная линия показывает траекторию метеороида, красные и оранжевые символами – пострадавшие населенные пункты, черные окружности – населенные пункты без разрушений. желтые точки-локализации обнаруженных метеоритов, белым показана область интенсивного излучения.



Моделирование процесса вхождения Челябинского метеорита в атмосферу, возникновение и распространение ударной волны (голубая линия) и эволюция следа в атмосфере. След, показанный белым цветом, состоит из смеси паров метеороида и воздуха, он продолжал висеть в атмосфере десятки минут и поэтому хорошо виден на многочисленных фотографиях. Точка $X=0$ соответствует координате самой мощной вспышки.

1. *Olga P. Popova, Peter Jenniskens, Vacheslav Emel'yanenko et al. Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery and Characterization, Science, 2013, Vol. 342, no. 6162, pp. 1069-1073.*

19. Механизм создания области высокой проводимости в грозовом облаке

А.Н. Караштин, (ФГБНУ НИРФИ), А.В. Гуревич, А.П. Чубенко, В.А. Рябов, А.Л. Щепетов, К.П. Зыбин, Г.Г. Митько, М.О. Птицын (ФИАН), Ю.В. Шлюгаев (ИПФ РАН), А.П. Антонова (Институт ионосферы, Алматы, Казахстан), Л.И. Вильданова (ТШВНС, Алматы, Казахстан), В.М. Ту (МФТИ), tolk@nirfi.sci-nnov.ru

На основе экспериментальных исследований предложен механизм создания области высокой проводимости в грозовом облаке на начальной стадии развития молниевое разряда за счет синхронного разряда гидрометеоров в результате пробоя на убегающих электронах (ПУЭ), инициированного вторичными электронами с энергией 0.1 — 1 МэВ, генерируемыми космическими лучами с первичной энергией порядка 10^{12} эВ, в электрическом поле грозового облака.

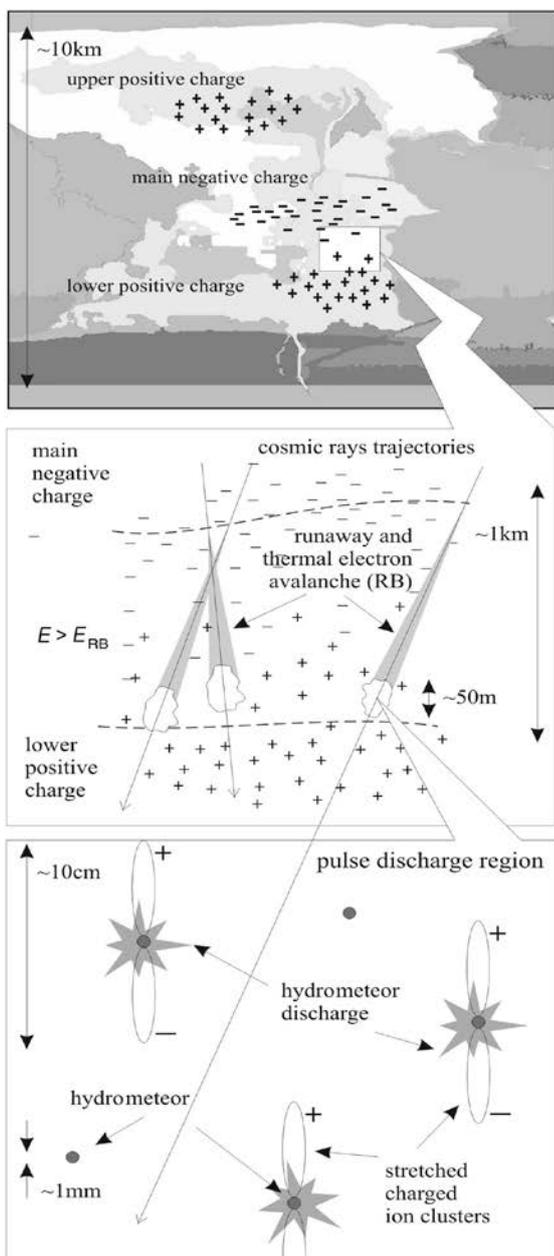
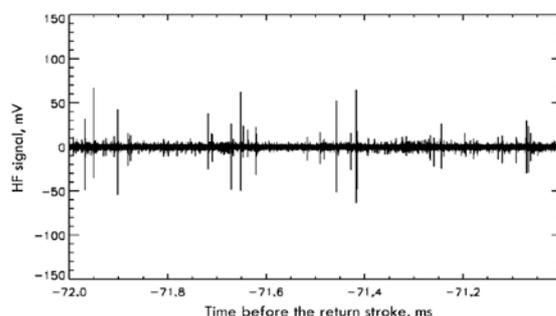
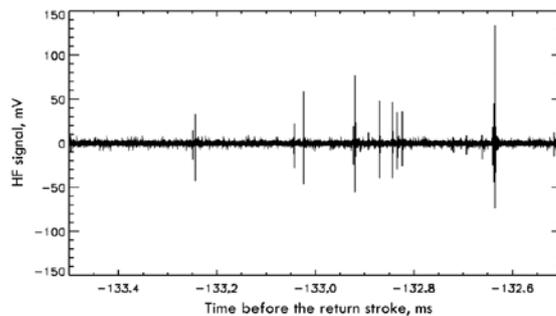
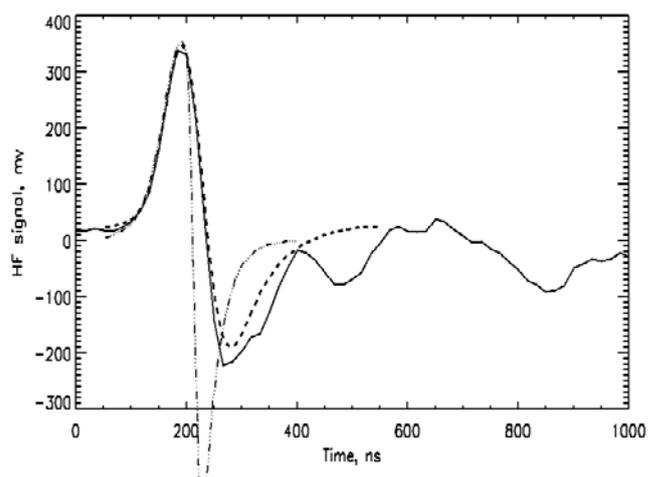


Рисунок области формирования молниевых разрядов



Вверху: начало разряда- первый радиоимпульс появляется за 133,25 мс до обратного хода.

Внизу: промежуточное сканирование



Сравнение наблюдаемой формы радиоимпульса (сплошная кривая) с теоретическими предсказаниями (штрихпунктирная и пунктирная кривые)

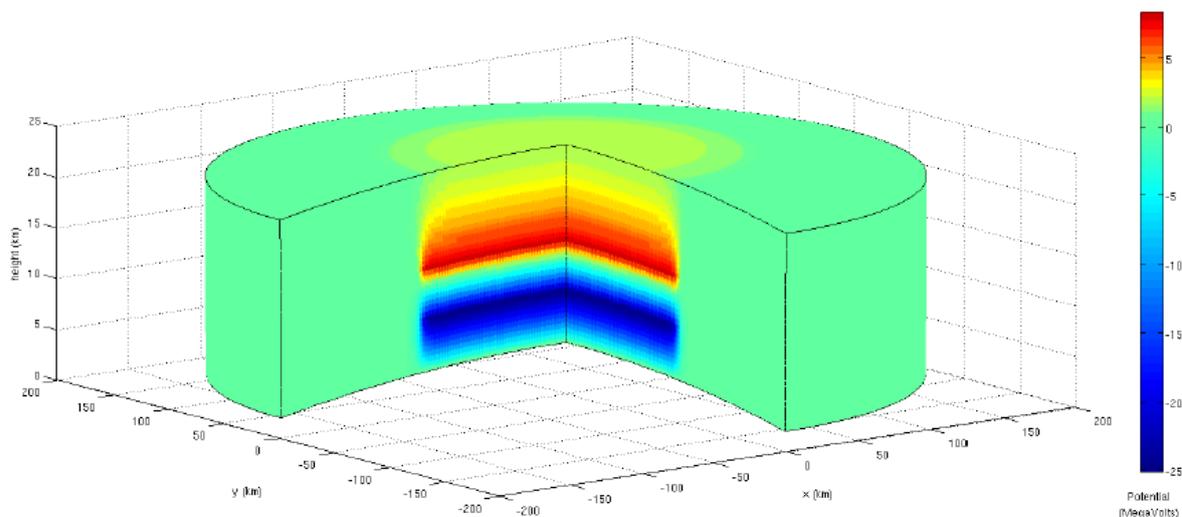
1. A.V. Gurevich, A.N. Karashtin, *Phys. Rev. Lett.*, 2013, 110, 185005
2. A.V. Gurevich, V.P. Antonova, A.P. Chubenko, A.N. Karashtin, G.G. Mitko, M.O. Ptitsyn, V.A. Ryabov, A.L. Shepetov, Yu.V. Shlyugaev, W.M. Thu, L.I. Vildanova, K.P. Zybin, *Phys. Rev. Lett.*, 2013, 111, 165001

20. Сферическая модель глобальной электрической цепи

А.В.Калинин, Е.А.Мареев, Н.Н.Слюняев, А.А.Жидков (ИПФ РАН), mareev@apl.sci-nnov.ru

Разработана сферическая модель глобальной электрической цепи, позволившая впервые параметризовать вклад основных генераторов в глобальную цепь и исследовать влияние крупномасштабных неоднородностей проводимости на величину ионосферного потенциала. Исследованы самосогласованные стационарные и нестационарные задачи об определении электрических полей в атмосфере и ионосферного потенциала. Разработаны и реализованы

численные алгоритмы решения. Показано, что наиболее значительное воздействие на ионосферный потенциал оказывают неоднородности проводимости внутри грозовых облаков – генераторов глобальной цепи.



Распределение потенциала вблизи грозового облака

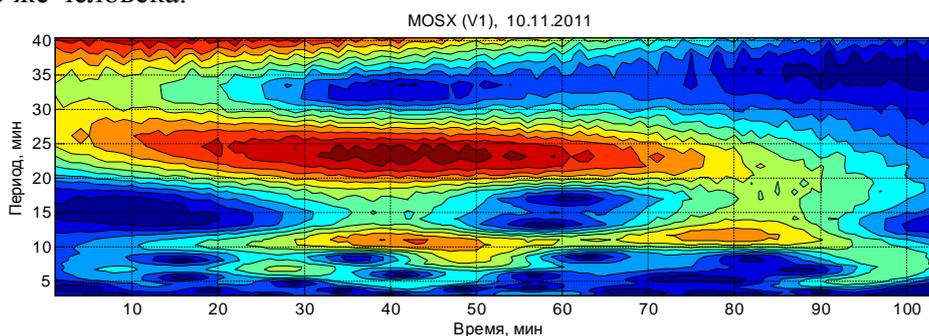
1. Williams E.R., Mareev E.A. Recent Progress on the Global Electrical Circuit // Atmos. Res., 2013. V. 95. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.05](http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.05).
2. А.В.Калинин, Е.А.Мареєв, Н.Н.Слюняев, А.А.Жидков, Стационарные и нестационарные модели глобальной электрической цепи: корректность, аналитические соотношения, численная реализация, Изв. РАН – ФАО, 2014. №2 (принята).

VI. ГЕЛИОБИОФИЗИКА

21. Синхронизация показателей сердечного ритма человека и вариаций геомагнитного поля в миллигерцовом диапазоне

Т.А. Зенченко, А.А. Медведева, Н.И. Хорсева, Т.К.Бреус (Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, ИКИ РАН), zench@mail.ru

Экспериментально обнаружено явление синхронизации динамики пульса здорового человека, находящегося в покое, с вариациями вектора индукции геомагнитного поля. Обнаружено не только совпадение величин периодов колебаний длительностью 4-30 минут, но и приблизительная синхронность моментов их возникновения и исчезновения. Показано, что данный эффект проявляется примерно в 60% случаев как при обследовании группы здоровых добровольцев (30 человек), так и многократных последовательных измерениях (30 измерений) одного и того же человека.



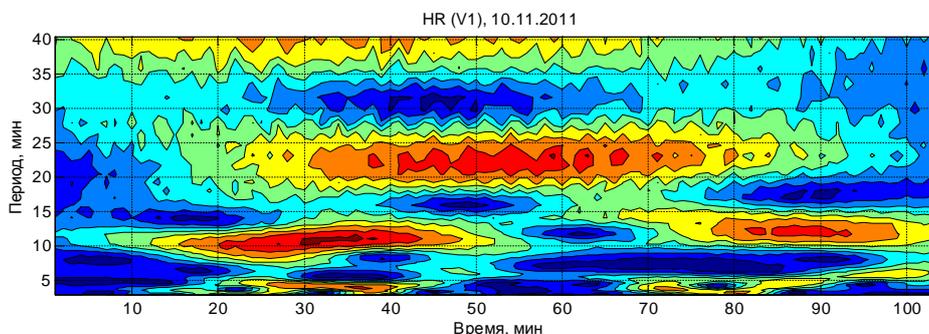


Рис.1. - частотно-временные распределения спектральной плотности синхронных временных рядов (ЧСС (HR) здорового добровольца (внизу) и минутных значений горизонтальной компоненты вектора геомагнитного поля (вверху – MOSV1)), полученных методом комплексного вейвлет-преобразования в эксперименте за 10.11.2012. По оси абсцисс – время эксперимента, по оси ординат – величина периода, цвет – спектральная плотность.

1. Т.А. Зенченко, А.А. Медведева, Н.И. Хорсева, Т.К. Бреус. Синхронизация показателей сердечного ритма человека и вариаций геомагнитного поля в диапазоне частот 0.5-3 мГц. // Геофизические процессы и биосфера, 2013, №4.

22. Влияние космической погоды на заболевания сердечно-сосудистой системы человека в субавроральных широтах (г. Якутск)

С.Н Самсонов (ИКФИА СО РАН), Н.Г. Клейменова, О.В. Козырева (ИФЗ РАН, ИКИ РАН), П.Г Петрова (Медицинский институт СВФУ им М.К. Амосова Якутск, Россия), kleimen@ifz.ru

Исследование влияния вариаций космической погоды на заболевания сердечно-сосудистой системы человека в субавроральных широтах (г. Якутск) показало, что в отличие от средних широт, в субавроральных широтах на возрастание числа инфарктов миокарда могут оказывать негативное влияние авроральные магнитные суббури. Наиболее вероятным биотропным агентом при этом могут быть шумовые геомагнитные пульсации типа P1 того же диапазона периодов (порядка нескольких секунд), что и установленные ранее в средних широтах монохроматические пульсации Pc1. Пульсации P1 сопровождают каждую суббурю, но в отличие от пульсаций Pc1 быстро убывают с широтой.

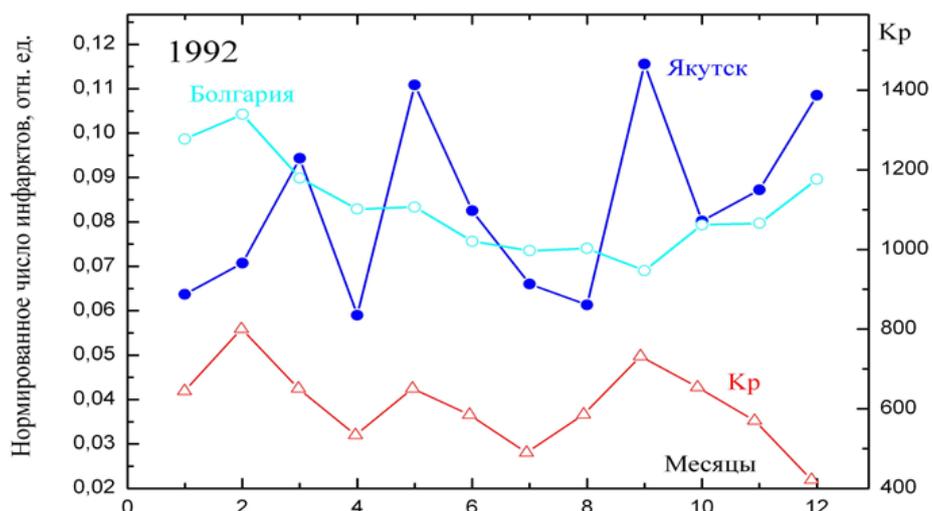


Рис.2. Сопоставление одновременных медицинских данных - общей смертности от ИМ в Болгарии в 1992 г., числа вызовов СМП в г.Якутске по поводу ИМ и Kp-индекса

Сопоставление месячных данных о смертности от ИМ в Болгарии [Иванова и др., 2002], нормированными на общее число случаев, с месячными данными о вызовах СМП по поводу ИМ в Якутске, также нормированными на общее число вызовов, показало несовпадение их сезонного хода. В Болгарии (на низких широтах) – это пологий минимум в летние месяцы

(Рис.2), а в Якутске (в субавроральных широтах) – несколько четких максимумом в основном, совпадающих с резкими пиками магнитной активности (Кр).

1. С.Н Самсонов, Н.Г. Клейменова, О.В. Козырева, П.Г Петрова // *Геофизические процессы и биосфера* Т.12. № 4. С. 46-59. 2013.

23. Оптимизация лечения метео- и магнито - чувствительных больных артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца с использованием адаптогенов

Р.М. Заславская (ИКИ РАН), Э.А. Щербань (Белгородская областная клиническая больница), М.М. Тейблём (Информационное управление Мед. страховой компании «Солидарность для жизни»), breus36@mail.ru

Проводились исследования по изучению влияния погодных земных и космических факторов на параметры гемодинамики тяжелых больных с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца (350 пациентов, 7 групп по 50 человек). В качестве протективных препаратов использовались на фоне традиционной терапии препараты с адаптогенным действием - мелатонин, элтацин, мебикар. Наиболее выраженным метеопротективным и магнитопротективным действием обладал мелатонин. Специальные исследования были проведены по изучению влияния мелатонина на важнейшие параметры кардиогемодинамики и определению сравнительной адаптогенной эффективности этих трех препаратов. Подтвердилась ведущая роль адаптогена мелатонина. Работа внедрена на 200 пациентах Белгородской областной клинической больницы.

1. *Монография:*

Заславская Р.М., Щербань Э.А., Тейблём М.М. «Оптимизация лечения метео-магниточувствительных больных с артериальной гипертензией, ишемической болезнью сердца с помощью адаптогенов», 2012 1-е издание и 2-е издание за 2013г переработанное и дополненное, изд. МЕДПРАКТИКА, 231стр

VII. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

(Секция, совместная с Советом «Исследования по теории климата Земли»)

24. Воздействие вариаций УФ радиации в солнечном цикле на температуру средней атмосферы и тропосферы (трехмерное моделирование)

А.А. Криволицкий, (ЦАО Росгидромет, Долгопрудный), alexei.krivolutsky@rambler.ru

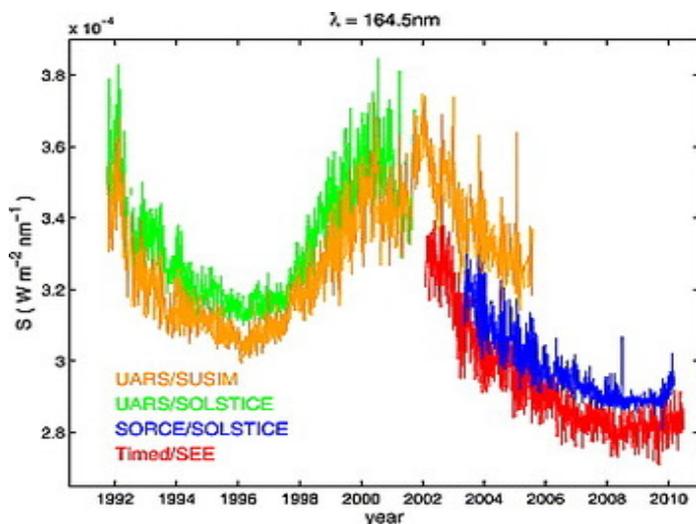
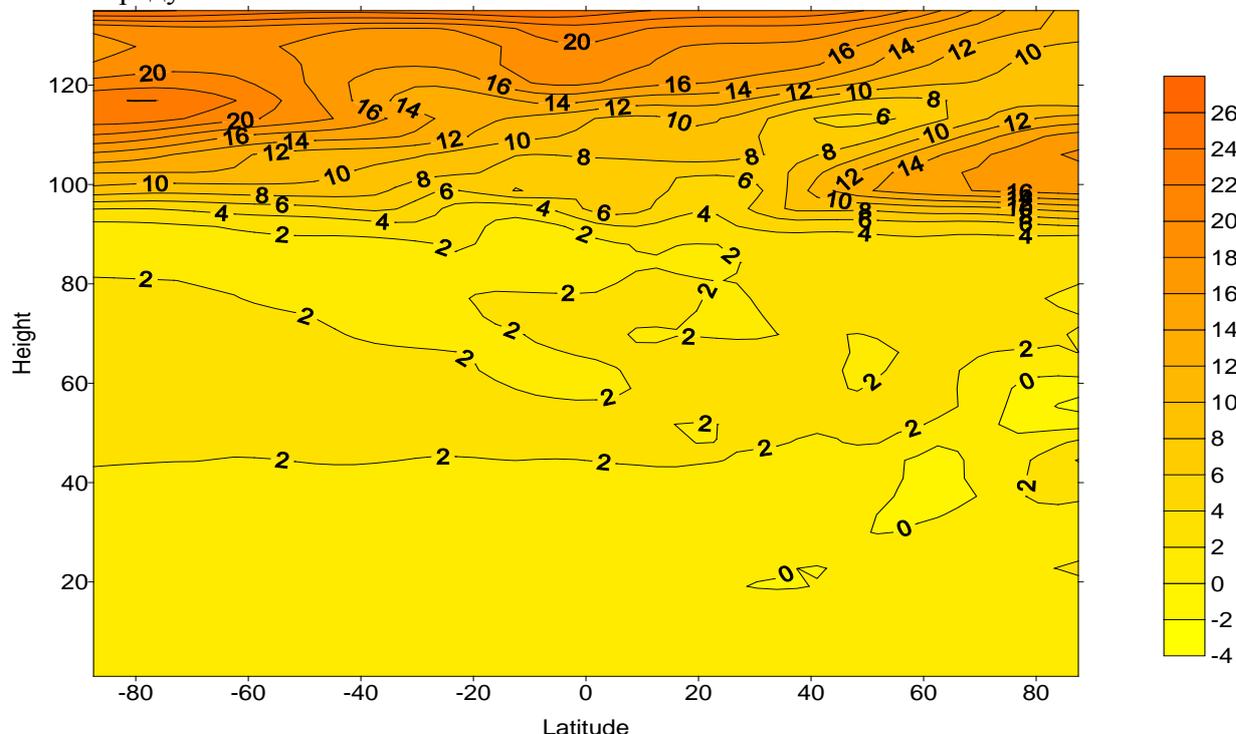


Рис.1 Вариации УФ радиации Солнца на длине волны 164,5 нм.

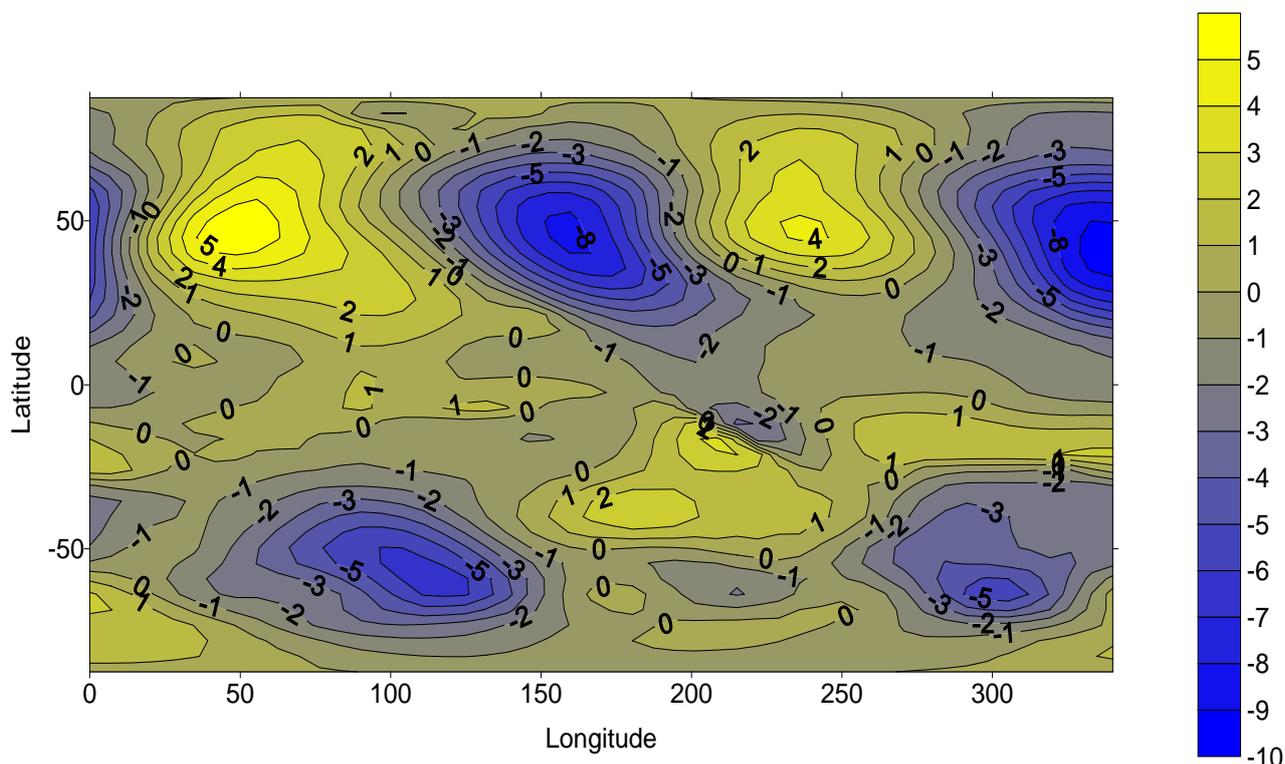
В 2013 г. в Лаборатории химии и динамики атмосферы (ЛХДА) ЦАО были получены результаты, характеризующие глобальную структуру отклика температуры и ветра в атмосфере Земли на высотах 1-130 км на изменение потоков УФ радиации Солнца в цикле его активности (11-лет). Использовалась модель общей циркуляции атмосферы ЛХДА ARM (Atmospheric Research Model). В качестве вынуждающего воздействия в радиационные блоки модели была введена соответствующая временная модуляция, амплитуда которой зависела от длины волны солнечной радиации в соответствии с данными спутниковых

наблюдений. Поглощение УФ радиации озоном и молекулярным кислородом в различных участках спектра приводит к разогреву атмосферы, неоднородность которого вызывает движения, возмущая циркуляцию.

Согласно результатам моделирования отклик температуры при зональном осреднении полей между максимумом и минимумом активности Солнца затухает при уменьшении высоты от 15-20 К в нижней термосфере до величины, меньшей 1 К в тропосфере. При этом на отдельных уровнях проявляется волновая структура (обусловленная воздействием планетарных волн), которая не видна при зональном осреднении. Амплитуда такой волны по расчетам составляет несколько градусов.



Изменения температуры средней атмосферы в цикле активности Солнца для января (расчет по модели ARM)



Изменения температуры на уровне 5 км в цикле активности Солнца для января (расчет по модели ARM)

1. Krivolutsky A.A., Cherepanova L.A. Response of the global fields of temperature and tropospheric wind and the middle atmosphere to variations in solar UV radiation flow during a solar activity cycle in the presence of planetary waves (3D modeling) // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2013. V. 55. № 7. P. 871-875,.

2. Krivolutsky A.A. Solar cycle forcing on composition, temperature and dynamics: preliminary simulations with ARM and CHARM models // *Workshop on SolarMIP Project, Thessaloniki, Greece, 2013*.

25. Влияние солнечной активности (СА) и галактических космических лучей (ГКЛ) на циркуляции нижней атмосферы

Веретененко С.В., Огурцов М.Г. (ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН), s.veretenenko@mail.ioffe.ru

Исследованы возможные причины временной изменчивости эффектов солнечной активности (СА) и галактических космических лучей (ГКЛ) в циркуляции нижней атмосферы. Показано, что обнаруженные ранее ~60-летние вариации амплитуды и знака эффектов СА/ГКЛ в атмосферном давлении умеренных и высоких широт (Veretenenko and Ogurtsov, *Advances in Space Research*, 2012; Веретененко и Огурцов, *Геомagnetизм и Аэрономия*, 2012) тесно связаны с изменениями состояния циклонического вихря, формирующегося в полярной стратосфере. В периоды сильного вихря увеличение потоков ГКЛ в минимумах 11-летнего солнечного цикла сопровождается ростом давления (усилением антициклонов) в полярных широтах и понижением давления (усилением циклонов) на полярных фронтах умеренных широт (рис.1а). В периоды слабого вихря при увеличении потоков ГКЛ наблюдается обратный эффект: ослабление как арктических антициклонов, так и полярно-фронтальных циклонов (рис.1б). Возможной причиной обращения знака эффектов ГКЛ в циркуляции нижней атмосферы является изменение характера взаимодействия тропосферы и стратосферы в зависимости от состояния циркумполярного вихря. Оценки интенсивности вихря по данным 'реанализа' NCEP/NCAR (рис.2б,в) позволяют предположить наличие ~60-летней периодичности, влияющей на эволюцию крупномасштабной атмосферной циркуляции и характер эффектов СА/ГКЛ в развитии внетропических барических образований. Полученные результаты свидетельствуют о важной роли стратосферного циркумполярного вихря в механизме солнечно-атмосферных связей.

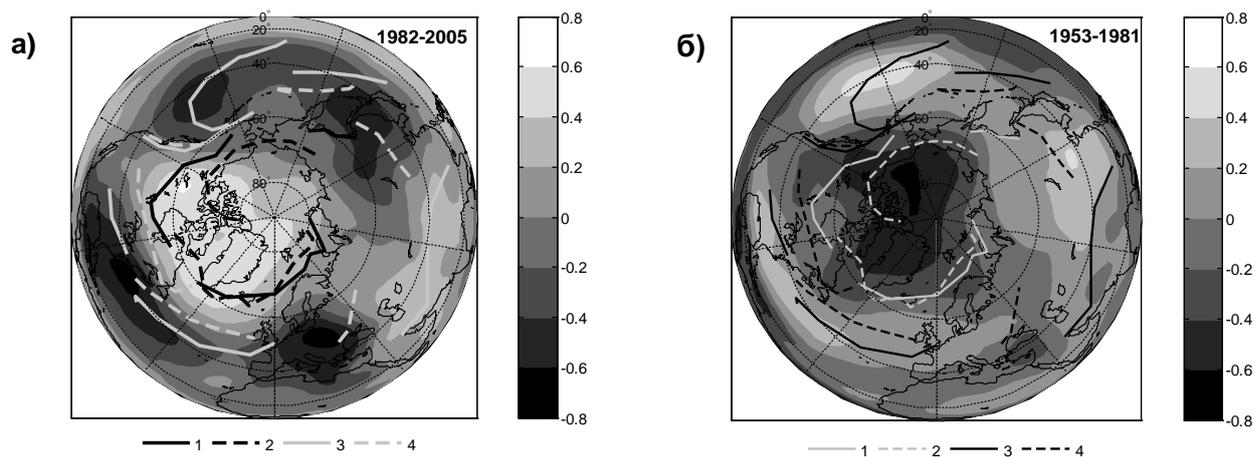


Рис.1. Распределение коэффициентов корреляции между среднегодовыми значениями геопотенциальных высот изобарического уровня 700 гПа и скорости счета нейтронного монитора в Клаймаксе в периоды сильного (а) и слабого (б) циркумполярного вихря. Положения климатологических фронтов показаны линиями: 1, 2 – арктические фронты в январе и июле, соответственно; 3, 4 – полярные фронты в январе и июле, соответственно.

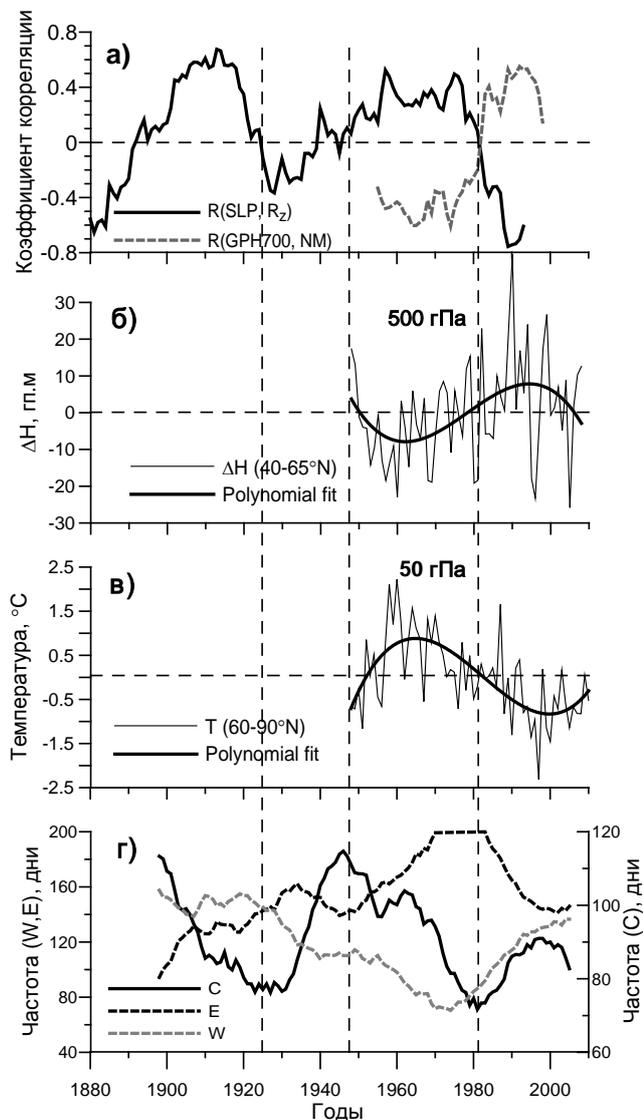


Рис.2. а) Коэффициенты корреляции по скользящим 15-летним интервалам между среднегодовыми значениями давления тропосферы в области широт $>60^{\circ}\text{N}$ и характеристиками СА/ГКЛ: $R(\text{SLP}, R_z)$ – между приземным давлением и числами Вольфа (сплошная линия); $R(\text{GPH}700, \text{NM})$ – между геопотенциальными высотами изобарического уровня 700 гПа и скоростью счета нейтронного монитора в Клаймаксе (штриховая линия). б) Аномалии среднегодовых значений разности зональных геопотенциальных высот изобарического уровня 500 гПа между широтами 40 и 65°N . в) Аномалии среднегодовых значений температуры в области $60-90^{\circ}\text{N}$ на уровне 50 гПа. г) Долговременные изменения частоты повторяемости (числа дней в году) основных форм циркуляции по классификации Вангенгейма-Гирса (15-летние скользящие средние). Вертикальные штриховые линии показывают годы изменения знака коэффициентов корреляции.

1. Veretenenko S., Ogurtsov M. "The stratospheric polar vortex as a cause for the temporal variability of solar activity and galactic cosmic ray effects on the lower atmosphere circulation". IOP Publishing. *Journal of Physics: Conference Series*, 409 (2013) 012238 doi:10.1088/1742-6596/409/1/012238
2. Веретененко С.В., Огурцов М.Г. "Циркумполярный вихрь как причина временной изменчивости эффектов солнечной активности и галактических космических лучей в циркуляции нижней атмосферы". *Известия РАН. Сер. физическая*, 2013, Т.77, №5, с.658-660.
3. Веретененко С.В., Огурцов М.Г. "Роль стратосферного циркумполярного вихря в формировании долгопериодных эффектов солнечной активности и галактических космических лучей в тропосферной циркуляции". *Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца "Солнечная и солнечно-земная физика-2013" (25-27 сентября 2013 года, Санкт-Петербург, ГАО РАН). СПб, 2013, с.39-42.*

26. Особенности вариаций гамма-фона в приземном слое атмосферы, связанные с атмосферными осадками

Э.В. Вашенюк, Ю.В. Балабин, А.В. Германенко, Б.Б. Гвоздевский., Л.И. Щур, ПГИ РАН, vashenyuk@pgia.ru

На основе накопленных за несколько лет данных комплексного мониторинга космических лучей произведён анализ возрастных гамма-фона на уровне Земли, связанных с атмосферными осадками. С помощью метода наложения эпох получены средние временные профили осадков и возрастных потока гамма-излучения и других компонентов вторичных космических лучей

(электронов, мюонов, нейтронов). Показано, что максимум возрастания гамма-фона запаздывает на 30-40 минут относительно максимума осадков. Аналогично ведут себя потоки электронов и мюонов, но с меньшей амплитудой возрастания. Нейтронная компонента практически не реагирует на осадки. Поскольку гамма-излучение в нижних слоях атмосферы возникает в процессе торможения заряженных частиц, то синхронность вариации гамма-излучения с потоками электронов и мюонов указывает на проявления одного и того же эффекта – ускорения заряженных частиц в электрических полях дождевых облаков.

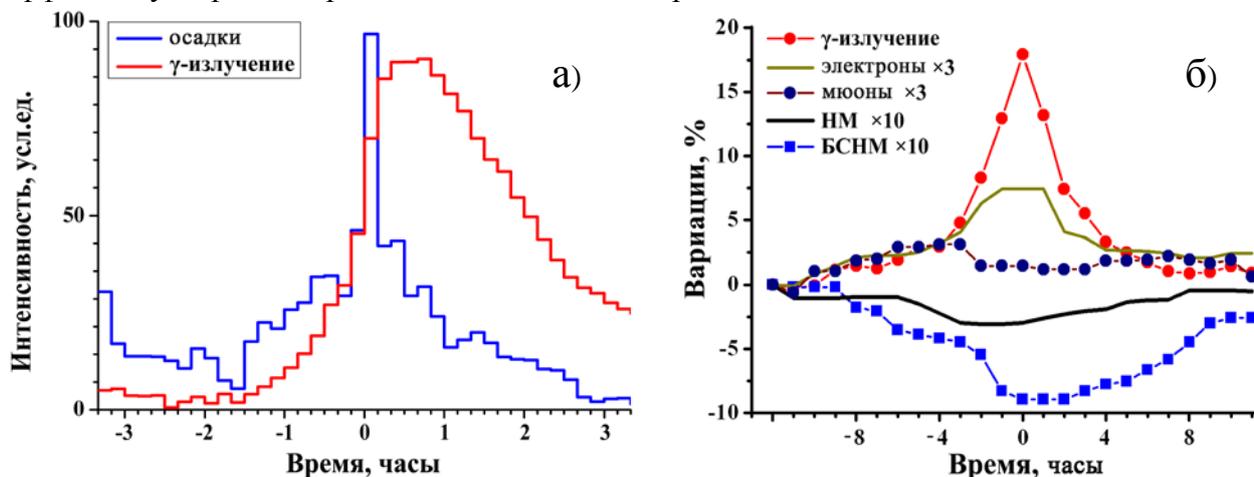


Рис.1. (а) Средние профили осадков и возрастания гамма-фона; (б) Средние профили вариации гамма-фона, электронов, мюонов, нейтронного монитора и бессвинцового нейтронного монитора. Профиль осадков не показан, поскольку он в данном масштабе близок к профилю гамма-фона.

1. A.V. Germanenko, Yu.V. Balabin, E.A. Mauricev, B.B. Gvozdevsky, E.V. Vashenyuk *The continuous detection of gamma (X-ray) spectra registered during atmospheric precipitations // Journal of Physics: Conference Series, 409 (2013) 012240, doi:10.1088/1742-6596/409/1/012240, (0.4 а.л.).*
3. A.V. Germanenko, Yu.V. Balabin, B.B. Gvozdevsky, E.V. Vashenyuk *Features of the flux of gamma-radiation in the lower atmosphere during precipitation // Journal of Physics: Conference Series, 409 (2013) 012241, doi:10.1088/1742-6596/409/1/012241, (0.4 а.л.).*
4. Yu.V. Balabin, A.V. Germanenko, B.B. Gvozdevsky, E.V. Vashenyuk *Variations of gamma radiation spectra during precipitations // Journal of Physics: Conference Series, 409 (2013) 012243, doi:10.1088/1742-6596/409/1/012243, (0.4 а.л.).*
5. Ю.В. Балабин, А.В. Германенко, Б.Б. Гвоздевский, Э.В. Ващенко. *Особенности вариаций гамма-фона в приземном слое атмосферы // Известия РАН. Серия физическая, 2013, т.77, № 5, с.640-642, (0.4 а.л.).*
6. Ю.В. Балабин, А.В. Германенко, Б.Б. Гвоздевский, Э.В. Ващенко. *Вариации естественного рентгеновского фона в полярной атмосфере // Геомагнетизм и аэронавигация, 2013, (принята к печати).*