

## Отчет по программе №4 Президиума РАН за 2014г.

Научное направление №8:

**«Фундаментальные исследования в области гелиогеофизики, ориентированные на обеспечение безопасности функционирования технических систем в ОКП и анализ экстремальных природных явлений, связанных с солнечной активностью»**

Раздел:

**«I. Динамические процессы в солнечной атмосфере и гелиосфере»**

### **Тема 8.2.**

Динамические процессы в солнечной атмосфере и нестационарные явления в околоземном космическом пространстве Изучение высотной структуры корональных активных образований и их связи с зарождением вспышечной активности и генерации КВМ

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Специальная астрофизическая обсерватория РАН;  
Санкт-Петербургский Филиал

Руководитель проекта

д.ф.м.н. зав.отд.

В.М.Богод

СОИСПОЛНИТЕЛЬ

Институт Солнечной и Земной Физики СО РАН;

о-руководитель проекта

д.ф.м.н.зав.отд. .

Алтынцев А.Т.

«10»декабря 2014г.

## Результат №1

### Микроволновый мониторинг солнечной активности 2014г. и автоматизированная база данных спектрально-поляризационных наблюдений на РАТАН-600.

Продолжено проведения серий наблюдательных программ в годы максимума 24 цикла солнечной активности на Южном секторе с Перископом радиотелескопа РАТАН-600 и дальнейшее формирование базы данных. Реализован режим мониторинга в многочастотных наблюдениях активных областей на Солнце с высоким пространственным разрешением с выдачей оперативных данных о спектрально-поляризационных характеристиках на многоволновом комплексе в широком диапазоне частот 0.75-18.2 ГГц. Мониторинг проводится в режиме многоазимутальных наблюдений в диапазоне 4 часов ежедневных наблюдений с 8-минутным временным интервалом со спектральным разрешением ~1%,.

. База многоволновых наблюдений Солнца на РАТАН-600 обработана, стандартизована и охватывает период с 1999 по 2014г. В 2014г. было проведено 4000 наблюдений Солнца на многоволновом спектрально-поляризационном комплексе РАТАН-600 на день составления отчета (см. рис.1). Наличие базы данных позволяет осуществлять тестирование моделей и критериев прогнозирования активности на фактическом материале.

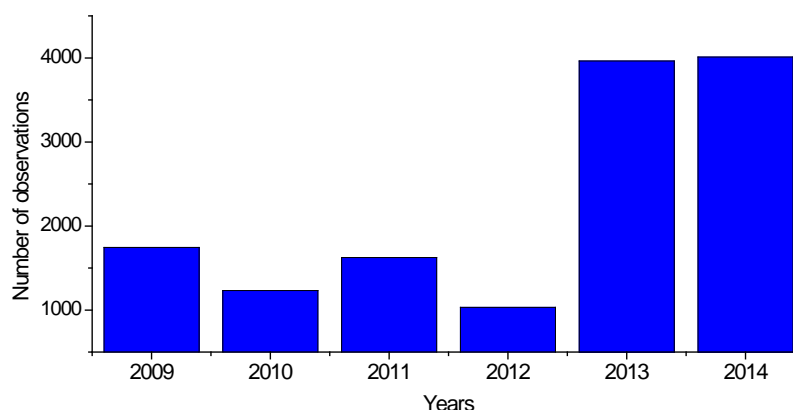


Рис.1. Статистика наблюдений радиоизлучения Солнца на РАТАН-600 по годам.

Проведена проверка известного критерия прогнозирования протонной активности Танака-Еноме [ 1], который показал высокие результаты для мощных событий. Однако в связи с пониженной активностью максимума 24 цикла критерий Та-

нака-Еноме был адаптирован для прогнозирования менее мощных вспышек с рентгеновским классом М и С. Несмотря на низкий уровень активности, тем не менее, ряд вспышечных событий классов М и даже С был зарегистрирован, дополнительно к регистрации одиноких мощных активных областей

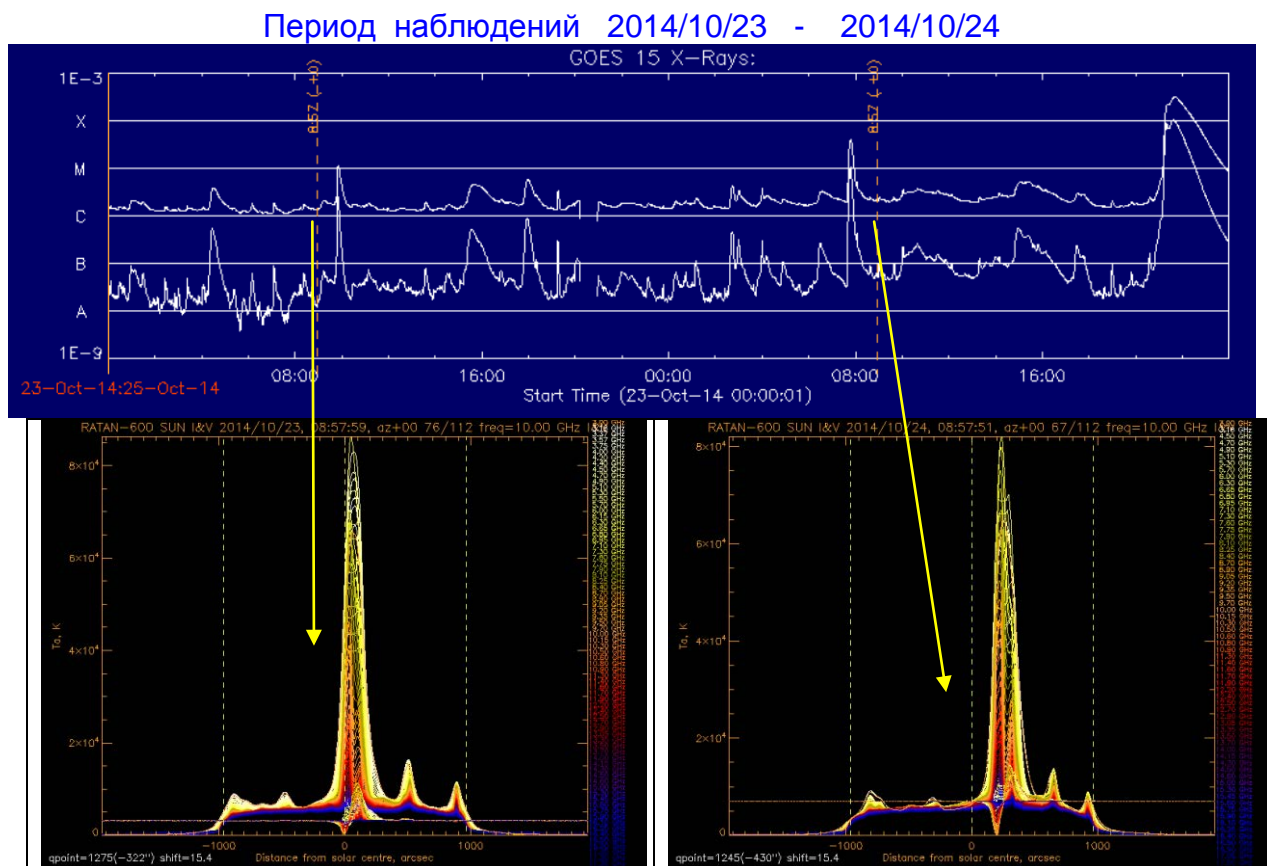


Рис.2. Пример положительного прогноза активной области AR 12192/ Вверху активность в рентгеновском диапазоне по данным спутника GOES Внизуобщий вид веб-страницы прогноза солнечных протонных вспышек и пример прогноза для 23 и 24 ноября 2014г. ([http://www.spbf.sao.ru/cgi-bin/ion-p?page=rat\\_search.ion](http://www.spbf.sao.ru/cgi-bin/ion-p?page=rat_search.ion)). Авторы- Тохчукова С.Х., Богод В.М. лаб. СИ САО РАН и СПбФ САО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, [vbog\\_spb@mail.ru](mailto:vbog_spb@mail.ru)

Публикация. Тохчукова С.Х., Богод В.М., Петерова Н.Г., Шендрик Е.В., Курочкин Е.А, Автоматическая система прогноза геоэффективных вспышек на основе анализа спектральных характеристик радиоизлучения активных областей. Статья в журнале “Геомагнетизм и аэрономия” 2014(в печати).

## Результат №2

### Микроволновые наблюдения инверсии знака круговой поляризации излучения активных областей

С целью автоматизации поиска частотной инверсии круговой поляризации в широком диапазоне частот 3-18 ГГц разработан и внедрен алгоритм анализирующий поляризованный сигнал по всему частотному спектру в каждой точке скана. Для поиска инверсий разработан веб интерфейс ([http://www.spbf.sao.ru/cgi-bin/ion-p?page=rat\\_invers.ion](http://www.spbf.sao.ru/cgi-bin/ion-p?page=rat_invers.ion)), к которому есть доступ с главной страницы ИС «Прогноз»..Исследования этих эффектов важны для диагностики физических параметров солнечной атмосферы, обнаружения изменений структуры магнитного поля (всплытие нового магнитного потока), прогноза вспышечной активности, и др. Решение таких задач становится доступным путем анализа результатов поляризационных наблюдений с высоким частотным разрешением на радиотелескопе РАТАН-600. В Таблице 1 приведен пример анализа частотных инверсий поляризаций в микроволновом диапазоне в течение 9 месяцев 2014г.

Месяц 2014г	проведено наблюдений	найдено случаев инверсии	обнаружено отдельных событий	отождествлено согласно классификации		
				<i>вспышки и пекулярные источники</i>	<i>QT- инверсия</i>	<i>наложение полярностей по вертикали</i>
01	29	2	2	-	-	2
02	494	35	6	4	-	2
03	765	19	3	-	1	2
04	788	49	4	-	3	1
05	716	68	14	6	3	5
06	402	22	8	2	-	6
07	337	33	10	4	2	4
08	131	13	3	-	3	-
09	557	116	7	4	-	3
<b>Всего</b>	<b>4094</b>	<b>357</b>	<b>57</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>25</b>

Авторы- Тохчукова С.Х., Богод В.М. лаб. СИ САО РАН и СПбФ САО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, [vbog\\_spb@mail.ru](mailto:vbog_spb@mail.ru) Публикация. Кальтман Т.И., Тохчукова С.Х., Богод В.М., Коржавин А.Н. Микроволновые наблюдения инверсии знака круговой поляризации излучения активных областей сборник «Солнечная и солнечно-земная физика-2014» стр 49 (20-24 октября 2014 года, Санкт-Петербург, ГАО РАН)

### Результат 3

#### Регистрация предвестников вспышек по радиоастрономическим спектральным наблюдениям и ультрафиолетовым данным"

Проведено исследование предвспышечной и начальной фазы солнечной вспышки класса M3.2(SOL2013-05-17T08:43), произошедшей 17 мая 2013. Целью исследования было обнаружение существования прекурсоров в микроволновом диапазоне и выявление наиболее вероятных механизмов формирования их излучения. Использование наблюдений, полученных на РАТАН -600 с временным разрешением около 7 минут позволили провести изучение пространственной и спектральной эволюцию микроволновых источников. Изображения полученные в полосе 94 А AIA/SDO, позволили обнаружить существование УФ прекурсора приблизительно за 20 минут до начала вспышки. Эволюция сканов исследованной активной области также указывает на возникновение и развитие микроволнового источника, связанного пространственно связанного с УФ прекурсором (Рис. 1). Анализ спектров микроволнового излучения данного источника также выявил увеличение роста потока излучения. Форма спектра указывает на гиротронную природу излучения. Сравнение временных изменений микроволнового потока, зарегистрированного Солнечных радио спектрополяриметром 4-8 ГГц (ИСЗФ) и наблюдений в хромосферной линии Na полученных HSFA-2 (обсерватория Ондржеев) указывают на тепловую природу первого вспышечного ядра, возникшего в 08:44 UT. Однако, результаты моделирования гиротронного излучения, указывают на невозможность воспроизвести наблюдаемый на ранней фазе спектр без присутствия ускоренных электронов. Спектр, наблюдавшейся во время фазы прекурсора, генерируется той же тепловыми и нетепловыми электронами с теми же параметрами, что и на ранней фазе вспышки. Но размер микроволнового источника прекурсора составляет приблизительно 70 процентов от вспышечного источника. В результате проведенного анализа предвспышечной эволюции микроволнового потока по многоволновым наблюдениям РАТАН-600 было выявлено возникновение прекурсора солнечной вспышки в микроволновом диапазоне менее чем за час до начала события. Положение прекурсора совпадает с аналогичным явлением видимым в УФ диапазоне, а микроволновый спектр соответствует спектру гиротронного излучения нетепловых электронов.

Результаты представлены в виде докладов на Solar and Stellar flares ( Prague, 23-27 June 2014) и XIIIth Hvar Astrophysical Colloquium ( Hvar, Croatia, 22 - 26 September 2014).

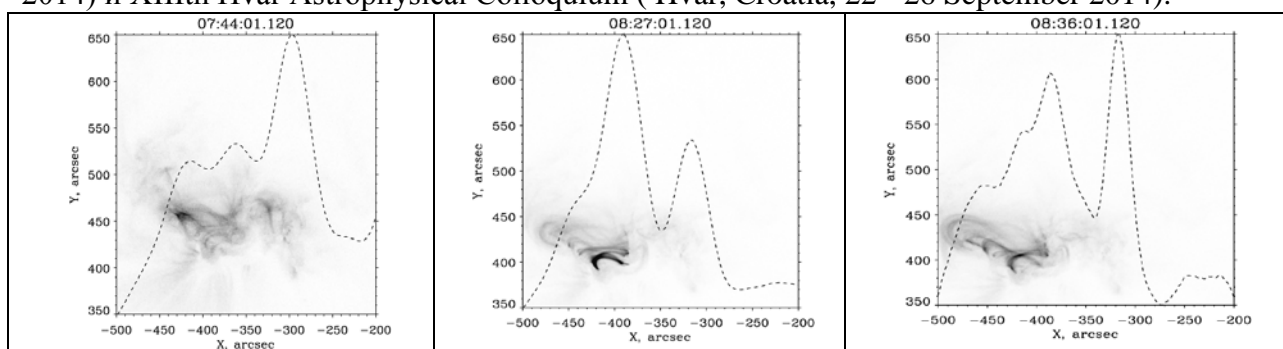


Рис.1. Эволюция сканов РАТАН -600 на частоте 5.7 ГГц. Фон изображения AIA/SDO в полосе 94А: 07:44 UT - активная область (АО) 08:27 UT и 08:36 UT - развитие прекурсора в АО.

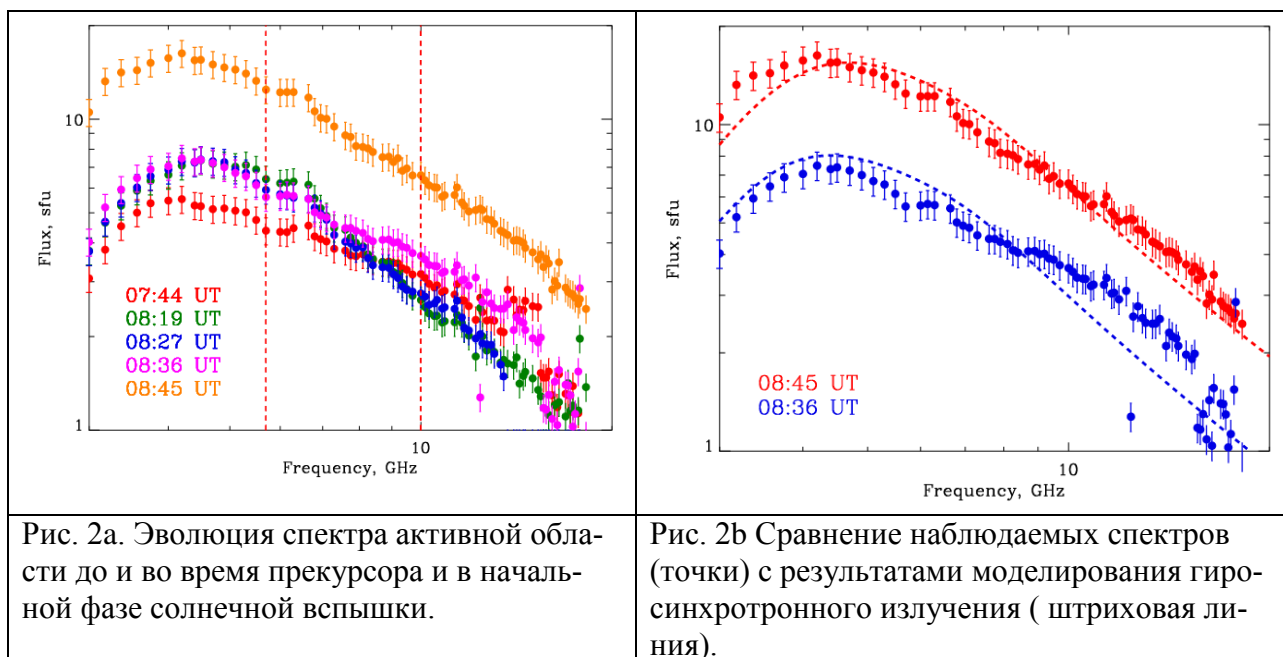


Рис. 2а. Эволюция спектра активной области до и во время прекурсора и в начальной фазе солнечной вспышки.

Рис. 2б Сравнение наблюдаемых спектров (точки) с результатами моделирования гиротронного излучения (штриховая линия).

## Основные публикации по теме вышедшие в 2014г.

1. Петерова Н.Г., Коржавин А.Н., Топчило Н.А. КОЛЬЦЕОБРАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ЦИКЛОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ NOAA 11140 ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ 1 УГЛ. СЕК., Изв. КрАО, 2013, т. 109, № 2, 83-84.
2. N.G. Peterova, N.A. Topchilo «CORONAL MAGNETIC FIELD IN THE TRANSITION REGION FROM THE CHROMOSPHERE TO CORONA ABOVE SUNSPOTS ON MICROWAVE OBSERVATIONS: POSSIBILITIES OF RESEARCHES AND PROBLEMS, Изв. КрАО, 2013, т. 109, № 3, 94-101.
3. O.A. Golubchina, A.N. Korzhavin, 2013: Comparative Analysis of the Distribution of Brightness Temperatures in the Solar Polar Region Based On Observational Data Obtained with RATAN-600 in the Microwave Range during the Solar Eclipse of March 29, 2006. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, vol.54, No.8, pp. 1039-1044. ISSN 00167932, © Pleiades Publishing, Ltd., 2014.
4. В.Е. Абрамов-Максимов, В.Н. Боровик, Л.В. Опейкина, А.Г. Тлатов. Особенности развития активных областей на Солнце перед большими вспышками класса X: анализ данных радиотелескопа РАТАН-600 и космической обсерватории SDO. *Космические исследования*, 2014, том 52, № 1, с. 3-16.
5. Kashapova, L. K.; Tokhchukova, S. K., Zhdanov D.A., Bogod V.M. and Rudenko G.V. The Subsecond Pulses during the August 10, 2011 Flare by Observations of RATAN-600 and 4-8 GHz Siberian Solar Spectropolarimeter. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2013, vol.53, No.8, pp.10210-1024.
6. N.G.Peterova, N.A.Topchilo, L.V.Opeikina, B.V.Agalakov, T.P.Borisevich, B.I.Lubyshev. Anomalous Polarization Features of the Cyclotron Radiation Source in the NOAA 7123 Active Region: The Structure, Dynamics and Reasons of Occurrence. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2013, vol.53, No.8, pp.1000-1006.
7. Петерова Н.Г.<sup>1</sup>, Опейкина Л.В.<sup>2</sup>, Топчило Н.А.<sup>3</sup> Об источниках типа «ГАЛО» по наблюдениям с высоким пространственным разрешением на микроволнах ISSN 0016\_7932, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, Vol. 54, No. 8, pp. 1053–1057. © Pleiades Publishing, Ltd., 2014

8. V.E.Abramov-Maximov, V.N.Borovik, L.V.Opeikina. Microwave Radiation of Solar Active Regions before X Flares according to the RATAN-600 Observations in 2011. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2013, vol.53, No.8, p.1-8.
9. Богод В.М., Яснов Л.В. О высотной структуре радиоизлучения активных областей на Солнце в сантиметровом диапазоне длин волн *Астрофизический бюллетень*, т.68, №3, 2013, стр.366-370
10. Голубчина О.А., Коржавин А.Н., «Распределение яркостной температуры радиоизлучения полярной области Солнца в сантиметровом диапазоне длин волн», *Астрофизический бюллетень*, 2013, т.68, № 2, стр.232-239.
11. Kashapova, L. K.; Tokhchukova, S. K.; Rudenko, G. V.; Bogod, V. M.; Muratov, A. A. On the Possible Mechanisms of Energy Release in a C-class Flare. *Central European Astrophysical Bulletin*, Vol. 37, p. 573-583, 2013.
12. B. I. Ryabov, D. E. Gary, N. G. Peterova, N. A. Topchilo DEPLETION IN CORONAL AND CHROMOSPHERIC EMISSION ABOVE LARGE ISOLATED SUNSPOTS, *Solar Physics* January 2015, Volume 290, Issue 1, pp 21-35)

## Б) Находятся в печати

- Богод В. М., Кальтман Т. И., Ступишин А. Г., Яснов Л. В. Исследование интенсивного радиоизлучения активных областей с низкой степенью поляризации в широком диапазоне длин волн по наблюдениям на радиотелескопе ПАТАН-600 (To be prepared to *Solar Physics*)
- V.M.Bogod *Spectral-polarization data at RATAN-600 as additional view to NoRH observations* *Proceedings of SPRO2012, NSRO, No2* (in press).
- Bogod V.M., Kaltman T.I., Kurochkin E.A., Shendrik A.V., Tokhchukova S.Kh.. *Analysis of powerful flare events at the maximum of solar cycle 24 in a wide range of microwaves* *Fifth Workshop Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere Nessebar, Bulgaria, 3-7 June 2013* ( статья в *SUN and GEOSPHERE International Journal of Research and Applications*, <http://www.sungeosphere.org>)

## В выполнении проекта принимали участие

<b>Общее количество научных сотрудников</b>	<b>14</b>
академики и члены-корреспонденты РАН	0
доктора наук	5
кандидаты наук	4
научные сотрудники, и.т.р. и др.	5

## Основные публикации

<b>Общее количество публикаций по проекту</b>	<b>15</b>
статьи в реферируемых журналах (ДАН и др.)	12
монографии	0
статьи в сборниках научных трудов	3
доклады на международных и региональных конференциях	29

В ходе проекта в 2014 в реферированных журналах : вышло из печати 11 статей,  
5 статей в подготовке к печати.  
В нереферированных сборниках вышло из печати 10 статей.

Научный руководитель темы  
“\_10\_” декабря 2014г.

д.ф.м.н. В.М.Богод