

магнитосферы является проблема генерации электрических полей в магнитосфере и их перенос в ионосферу Земли, основное внимание было уделено созданию математических моделей цепочки явлений от генерации электрических полей на магнитопаузе и в плазменном слое до распределения электрических полей и токов в ионосфере [1,2].

Первой в этой цепочке стоит магнитогазодинамическая модель обтекания магнитосферы солнечным ветром и связанная с ней проблема пересоединения магнитных полей (ММП) [3—5]. Имеют место два возможных режима пересоединения ММП с геомагнитным полем в зависимости от соотношения безразмерных параметров, характеризующих течение солнечного ветра. При достаточно большой величине поперечной компоненты ММП в солнечном ветре реализуется механизм нелинейного пересоединения ММП с геомагнитным полем. Рассмотрена теория этого процесса. В противоположном случае малой поперечной компоненты ММП осуществляется пересоединение диффузионного типа. Обсуждается этот вопрос, как и процесс генерации электрического поля, на диффузионной магнитопаузе [6,7].

Наряду с магнитопаузой источником магнитосферного электрического поля является плазменный слой. Модель вязкого течения в плазменном слое как электрического генератора описана в [8÷10].

Генерируемые на магнитопаузе электрические поля в силу высокой продольной проводимости магнитосферной плазмы переносятся вдоль магнитных силовых линий до уровня ионосферы. Распределение магнитного поля в магнитосфере определяется в результате численного решения задачи магнитостатики. Алгоритм представлен в [11,12].

В рассматриваемых явлениях ионосфера выступает как пассивный проводник, в котором диссипирует электрическая энергия магнитосферных генераторов. Двумерная модель ионосферного глобального проводника описана в [13,14].

После определения токов в ионосфере необходим расчет создаваемых ими магнитных возмущений на поверхности Земли, поскольку именно по магнитным вариациям накоплен наиболее обширный и систематический экспериментальный материал. Эта задача решается в приближении магнитостатики. Некоторые результаты представлены в [10—12].

Наряду с построением единой математической модели крупномасштабных магнитосферных процессов, представленные модели используются и изолированно. При этом входные параметры задаются в соответствии с имеющимися эмпирическими или теоретическими моделями. Полученные на этом пути результаты, позволяющие объяснить отдельные яв-

ления в магнитосфере, кратко представлены при описании каждой модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Denisenko V.V., Erkaev N.V., Zamay S.S., Kitaev A.V., Mezentshev A.V., Matveenko I.T., Pivovarov V.G.* Mathematical model of physical processes responsible for generation of magnetospheric electric fields and their penetration into the Earth's magnetosphere // Proceedings of an International Workshop on Cluster Dayside Polar Cusp / Ed. C.I. Barren. — ESA Publication Division, September 1991. — Pp. 211—216.
2. *Pivovarov V.G.* The Polar Geophysical Institute program of the theoretical and experimental investigation on cusp // Proceedings of an international Workshop on Cluster Dayside Polar Cusp // Ed. C.I. Barren. — ESA Publication Division, September 1991. — Pp. 19—22.
3. *Пивоваров В.Г., Еркаев Н.В.* Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли. — Новосибирск: Наука, 1978.
4. *Еркаев Н.В.* Обтекание солнечным ветром магнитосферы Земли. — Москва, 1989.
5. *Еркаев Н.В., Мезенцев А.В.* Обтекание магнитосферы в области магнитного барьера // Магнитосферные исследования. 1987. № 9. С. 17—35.
6. *Китаев А.В.* Генерация электрического поля в магнитном пограничном слое магнитосферы Земли // Магнитосферные исследования. 1988. № 11. С. 18—31.
7. *Китаев А.В., Матвеев И.Т.* Электрическое поле в дневном каспе при малой величине ММП // Геомагн. и аэронавигация. 1988. Т. 28, № 3. С. 380—383.
8. *Пивоваров В.Г.* Генерация электрических полей в магнитосфере. — Апатиты, 1991.
9. *Пивоваров В.Г.* Эффекты вязкого взаимодействия солнечного ветра с плазменным слоем хвоста // Геомагн. и аэронавигация. 1981. Т. 21. С. 876—879.
10. *Матвеев И.Т., Пивоваров В.Г.* Расчет геомагнитных возмущений, вызываемых ионосферными токами // Геомагн. и аэронавигация. 1981. Т. 21, № 2. С. 382—385.
- [11] *Матвеев И.Т.* возможные эффекты удаленных источников поля в **у-вариациях** // Геомагн. и аэронавигация. 1983. Т. 23, № 2. С. 336—338.
12. *Матвеев И.Т.* Оценка погрешностей, допускаемых при замене продольных токов вертикальными // Геомагн. и аэронавигация. 1980. Т. 20, № 2. С. 352—354.
13. *Денисенко В.В.* Вариационные методы для эллиптических краевых задач, описывающих процессы переноса с несимметричными тензорными коэффициентами // ПМТФ. 1989. № 3(175). С. 69.
14. *Денисенко В.В., Замай С.С.* Вклад магнитосферных источников в электрические поля и токи, наблюдаемые в экваториальной ионосфере в спокойных геомагнитных условиях // Магнитосферные исследования. 1990. № 14. С. 5—23.
15. *Денисенко В.В., Замай С.С.* Моделирование электрических полей и токов в низкоширотной ионосфере во время восстановительной фазы суббури // Магнитосферные исследования. 1989. № 13. С. 48—64.

Г.Я. Смольков. Новое в микроволновом излучении солнечных активных областей. В процессе поэтапного ввода в действие и освоения Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ) [1,2] достигнуто угловое разрешение до 17" с одномерным сканированием Солнца в течение каждого дня (этот режим выгоден регистрацией на фоне интенсивного излучения спокойного Солнца одновременно всех проявлений его активности) и со-

ответствующее ему быстрое действие регистрации развития вспышечных процессов — до 15 мс, выполнены систематические наблюдения (всепогодный мониторинг) на протяжении цикла солнечной активности; сформирована и развивается база данных для выполнения сложившихся в Радиоастрофизической обсерватории [3] ИСЗФ СО РАН исследований по наиболее актуальным проблемам современной физики Солнца (активные области, колебательные и переходные процессы в их атмосфере, вспышки, их геоэффективность и т.д.), важных для физики солнечно-земных связей; установлено и плодотворно развивается взаимовыгодное научное сотрудничество с зарубежными обсерваториями по реализации ряда международных научных программ (STER, Flare-22 и др.).

Как и следовало ожидать, исходя из системного подхода при разработке и создании ССРТ, наблюдения подтвердили высокую информативность этого оригинального инструмента. Благодаря его характеристикам в микроволновом излучении эффективно отражается выход новых магнитных потоков в солнечную атмосферу, раньше кальциевых флоккул проявляется зарождение новых активных областей, прослеживается их структура, динамические и эволюционные особенности развития, трансформация энергии при взаимодействии и изменениях магнитных потоков или волновых процессах [4,5]. По особенностям распределения поляризованного излучения в активных областях с учетом их расположения на видимой стороне Солнца, относительному числу всплесков, колебательным и динамическим явлениям возможно судить о подготовке вспышек, степени и характере их геоэффективности [6]. Благодаря всему этому получены новые сведения по каждой из названных проблем.

Одним из наиболее интересных новых результатов является немонокотонный характер развития микроволнового излучения практически на всех стадиях развития активных областей [4,7], свидетельствующий о "квантованности" процесса накопления энергии и в магнитных потоках и ее реализации. Эта немонокотонность проявляется в виде серии ступенчатых увеличений интенсивности излучения. Причем интервал времени быстрого увеличения потока излучения существенно меньше интервала времени между этими ступенчатыми изменениями. Время роста излучения изменяется с возрастом активной области, оно короче в начальной стадии (несколько минут) и увеличивается в процессе эволюции активной области (до нескольких десятков минут). Такой ступенчатый характер имеет место при возникновении микроволнового излучения в процессе зарождения

новой активной области. Аналогичным ступенчатым образом происходит накопление энергии над линией раздела полярностей в распределении магнитного поля в активной области. Эта зона является хорошим индикатором энергетического состояния активных областей в целом, она играет ключевую роль в их вспышечной продуктивности. Такие источники выделяются при синтезировании 2-мерных карт активных областей по данным, полученным на ССРТ в течение дня с одномерным разрешением [8]. Один из таких случаев приведен на рис. 1,а. Такие источники легко выделяются и на одномерных сканах (рис. 1,б,в). При достаточно накопленной в них энергии (высокой температуре) они являются предвестниками мощных вспышек. Анализ таких данных показывает, что явления "субвспышки" в микроволновом излучении может служить признаком "ступенчатого" накопления энергии для последующего развития вспышки, вопреки ранее имевшемуся предпочтению процессу реализации энергии поля.

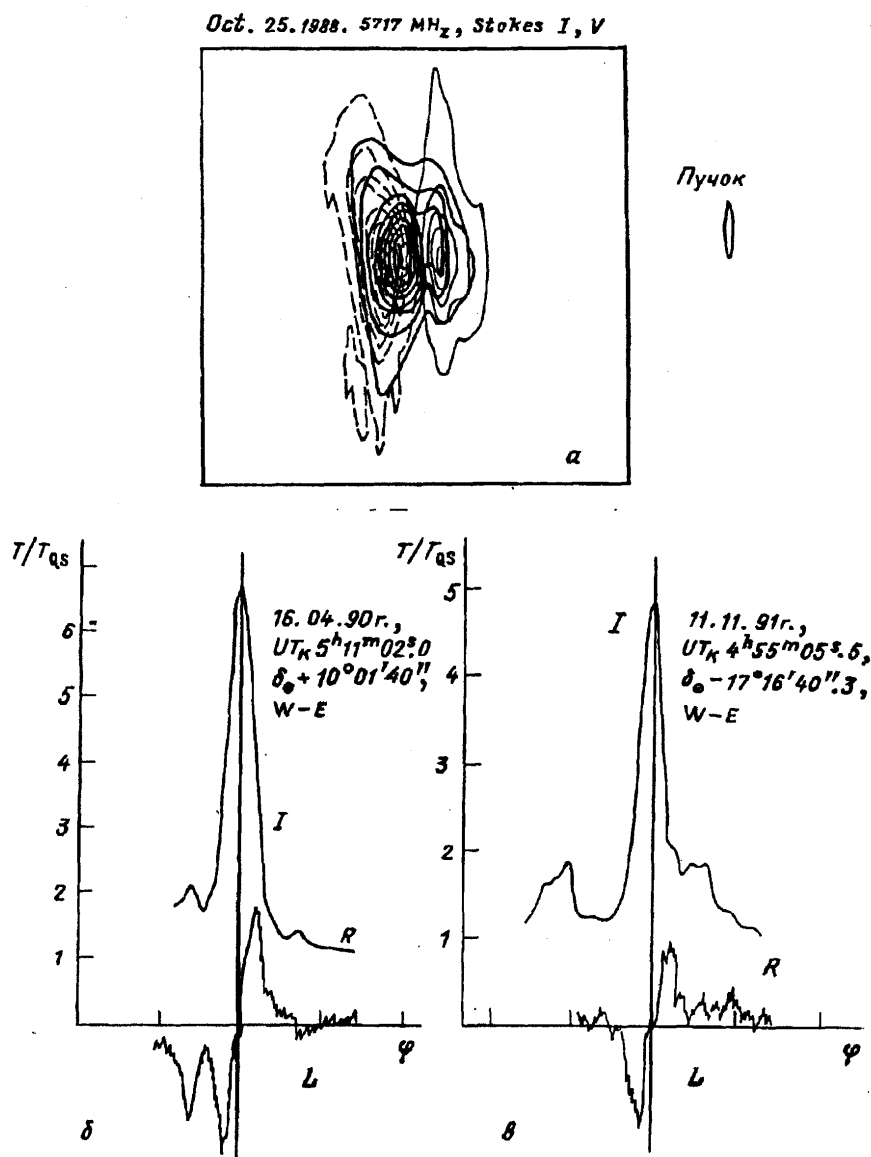
Таким образом, ступенчатый характер развития микроволнового излучения активных областей отражает универсальное свойство эволюции активных областей независимо от их энергетического состояния. Оно объясняется в рамках тонкоструктурной жгутовой конфигурации магнитного поля активных областей как последовательное проявление взаимодействий отдельных или совокупности элементов в начале, видимо, простой, а затем усложненной объемной структуры магнитных потоков. Такая картина подтверждается сериями снимков петельных структур над активной областью в процессе их подъема, взаимодействия и последующего развития вспышки.

В последнее время начато выяснение информативности ССРТ о слабоконтрастных крупномасштабных проявлениях солнечной активности прежде всего о корональных дырах-источниках солнечного ветра, возмущающего магнитосферу Земли.

К сожалению эффективное использование этого уникального инструмента на передовом уровне исследований, являющегося одним из символов научно-технических достижений, а следовательно, достоянием России, в условиях экономической реформы становится невозможным из-за недостаточных ассигнований, отсутствия качественных носителей информации для регистрации и хранения данных, неоптимальных объемов памяти и быстрого действия доступной вычислительной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смольков Г.Я., Тресков Т.А., Пистолькорс А.А./УФН. 1985. Т. 147. Вып. 3. С. 681.
2. Smolkov G.Ya., Pistolors A.A., Treskov T.A., Krissinel B.B.,



Расположение источника микроволнового излучения над линией раздела полярностей магнитного поля активной области на синтезированной карте (clean Badary map; распределение интенсивности показано толстыми линиями, магнитотормозное (поляризованное) излучение, связанное с сильными магнитными полями над солнечными пятнами, тонкими пунктирными линиями) (а), на одномерных сканах 16.04.90 г. (б) и 11.11.91 г. (в)

- Putilov V.A., Potapov N.N.* // *Astrophys. and Space Sci.* 1986. V. 119. P. 1—4.
3. *Smolkov G.Ya., Stepanov V.E., Grigoryev V.M., Banin V.G.* // *Astrophys. and Space Sci.* 1986. V. 18. P. 21—30.
4. *Смольков Г.Я.* // Исследования по геомагнетизму, аэронавтике и физике Солнца. М.: Наука, 1990. Вып. 91. С. 108.
5. *Smolkov G.Ya.* // *Proc. of Nobeyama Radioheliograph Symposium.* November 26—28, 1990, NRO, Japan, 1991. P. 151.
6. *Maksimov V.P., Smolkov G.Ya.* // *Proc. Astron. Soc. of Australia.* 1991. V. 9. P. 74—81.
7. *Zubkova G.N., Kardapolova N.N., Lubyshev B.I., Smolkov G.Ya.* // *Astron. Nachr.* 1990. Bd. 311, Nr. 4. S. 267—271.
8. *Alissandrakis C.E., Lubyshev B.I., Smolkov G.Ya., Krissinei B.B., Treskov T.A., Miller V.G., Kardapolova N.N.* // *Solar Phys.* 1992 (in press).