

## Енерго-структурен инвариант в космическата плазма

Деян Гочев

*Институт за космически изследвания, БАН*

За комплексни системи не е възможна дългосрочна прогноза. Причина е редуционистичният и вероятностен подход в прилагане на законите за елементарни сили за описване на отворени системи далече от равновесие и усредняване. Силовото описание на комплексни системи, притежаващи структурност и типичности е неподходящо поради факта, че не е коректно да се приема баланс на действащите сили [1].

Околосемната космическа плазма (ОКП) е отворена система поради съществуващия обмен със Слънцето и междупланетното пространство. Съществува взаимна обусловеност на процесите между компонентите на този обмен - магнитното поле и потоците заредени частици. Основните контактни зони между тях и ОКП са дневната магнитопауза и плазменият слой в опашката, т.е., обособени са активни гранични области (във феноменологичен смисъл). Основен "канал" за енергиен обмен са магнитните силови линии. Промени на топологията им определят особеностите на процесите и резултатните структури. Процесите в ОКП са подобни на облакообразуване - флукуациите възникват поради критични стойности, натрупване, градиенти. "Макроизглаждането" на спонтанно възникващите флукуации води до образуване на структури с променящи се граници.

Активните области на Слънцето са с рекурентни промени на магнитното поле, големи скорости на слънчевия вятър (СВ) в полярните области и стохастични промени и ударни вълни в екваториалната област. Въз основа на различната им геоефективност - по разположение, същност и продължителност - се правят опити за класификация на активните области, т.е. приписват им се свойства на структурни нива с разпределителни функции [2]. Подобен подход е възможен и за слънчевия вятър - мащабите на съответните структури са обратно пропорционални на концентрацията, температурата и скоростта [3].

СВ и ОКП са две плазмени образувания, в които има локални флукуации, структури с вътрешна йерархия, поддържани от магнитното поле. Обтичането на магнитосферата от СВ реално е взаимодействие на два флуида с различен брой степени на свобода. Резултатът е съществуването на постоянна самоорганизация на повторяеми и необратими процеси, образуването на вихри и вълни - затворени и отворени повтарящи се структури. За изследване на типичния за тези явления детерминистичен хаос ще е полезно да се пресмятат фракталните размерности на двата взаимодействащи обекта и на граничните им области. Открити са същественият въпрос за регулиращите механизми в този дисипативен процес и определянето на максималните характерни времена. Магнитосферата е множество от ударни вълни и турбулентни процеси, т.е. разриви и хаотична енергийна каскада, в която, въпреки нееднородностите и нестабилностите, възможните структури са със сравнително големи мащаби и променливи граници [4]. Съществува и взаимодействие между вътрешни плазмени потоци – например при магнитна буря в опашката между “фоновото” антислънчево движение и ускорения противоположен поток. Наблюдава се и локално образуване на подструктури със слаба интензивност и постоянни за системата нива – радиационен пояс [5]. В конвективната полярна йоносфера се наблюдава стохастично образуване на плазмени “мехури” [5]. Съществува взаимодействие между авроралната област и плазмения слой, т.е. между две структури, които регулярно участват в образуването на гранични области [6, 7].

По авроралните магнитни силови линии съществуват пулсиращи потоци заредени частици, чието електромагнитно излъчване е “капсулирано” в специфични честотни диапазони. Еволюцията на структурите е придружена от интензивно електромагнитно излъчване. Пулсацията е последователност от пик, свързан с освобождаването на енергия поради вече образувана структура, спад, свързан с релаксационни процеси и затишие – подготовка за образуване на нова структура. Изследването на съотношенията между трите части, както и сравняването им с размерите на явленията, върху които се наслаждат [8], би допълнило представите ни за съответната йерархия.

Както беше споменато, отвореността на системата се осъществява чрез магнитно присъединяване в челната магнитопауза и в опашката. Докато за първата област основното енергийно превръщане е електромагнитното излъчване, т.е. с малка структурираност, втората е основна гранична област с подчертан ефект на акумулиране на енергия [9]. Съществуват няколко интересни особености: за присъединяване в енергоактивната зона в опашката нужната за суб-буря тригерна енергия е около десет процента от освободената [10]. Съпътстващото локално структурно образуване (паралелна компонента на електричното поле) на други основни структурни нива (полярна йоносфера) е силно в подготвителната и възстановителната фаза на суб-бурята [11]. Създаването на неутрална линия е резултат от поредица от цикли [12].

завършващи съответно с образуване на електрично поле, електричен ток, магнитно поле, последното от които приключва със създаването на движещ се плазмоид, ограничен от затворена силова линия. Въпреки съществуващия енергиен излишък, след образуването на плазмоида поредицата от цикли спира (липса на пораждащ потенциал?). Известно е, че за присъединяването определящи са вертикалната и азимуталната компонента на междупланетното магнитно поле. За северна посока на вертикалната му компонента се наблюдават хаотично разположени присъединявания, образуване на ударни вълни, гигантски плазмени флукуации. Този процес съществува и в отдалечените области на магнитосферата [13], т.е., намалена интензивност на структурообразуване в голям обем. Северната компонента влияе и върху поведението на структурните граници – например с нарастване на модула  $\vec{v}$  движението на разрива на Харанг в северното полукълбо настъпва по-рано отколкото в южното. Съществува подобие между влиянието на сезонните ефекти (вътрешен фактор) и междупланетното магнитно поле (външен фактор). Установено е различното влияние на азимуталната компонента на междупланетното магнитно поле върху образуването на конвективни клетки – форми и характерни времена [14].

Основен канал за енергиен обмен са надлъжните токове. За тяхната същност моделите варират от дискретни (токове) до поледи (вълни). Ако приемем валидността на вълновия модел, то плазмоидът и надлъжният ток могат да се разглеждат като двата клона – вълнов и корпускулярен – на бифуркационна област на процес в магнитосферната опашка. Поради различни фактори съществува интензивно структурообразуване в самите надлъжни токове, което понякога води до промяна на граници и образуване на нови структури – тета-аврора [15]. Промените на съотношението между отворените и затворените силови линии в авроралната област и в полярната шапка се дължат на съществуването на две гранични области и/или бифуркационна област на процес в магнитосферната опашка.

Пример за подобни въздействия, но от Земята към високите слоеве на атмосферата, е структурообразуването поради вътрешни фактори – възникването на електрическо поле при гръмотевична дейност, съпътстващото електромагнитно излъчване и локалното усилване на полярните сияния в ниските слоеве на йоносферата. Изследването на разпределението на електрическото поле в океана за спокойни условия (затворена система) и при турбулентност (отворена система), съответно Гаусово и арксинусово, илюстрира подобие на проблемите [16].

Надявам се, че сбитото скициране на възможни връзки от педна точка на предложения енерго-структурен инвариант ще стимулира дискусия за нуждата от създаване на нови обобщаващи методи за изследване.

## Литература

1. Jahrbuch der Max Plank Gesellschaft. 1993, p. 33.
2. Вагануи, I. Ann Geoph., 13, 1995, № 8, p.886.
3. Зелений, Л. М. Геомагнетизм и аэрономия, 33, 1993, кн. 4, с. 18.
4. Веселовски, И. С. Геомагнетизм и аэрономия, 35, 1995, кн.5, с. 95.
5. Мигалев, Г. М. Геомагнетизм и аэрономия, 33, 1995, кн. 5, с. 136.
6. Neponski, P. Phys. Scr., 51, 1995, (in print).
7. Гельберг, Л. М., Геомагнетизм и аэрономия, 1994, 34, кн. 1, с. 48.
8. Зелений, Л. М. Итоги науки и техники, Москва, ВИНТИ, 1986, т. 24, с. 97.
9. Величко, В. Геомагнетизм и аэрономия, 35, 1995, кн. 5, с. 49.
10. Tzigrati, V. I. GRL, 22, 1995, iss. 6, p. 553.
11. Ферстер, М. Геомагнетизм и аэрономия, 34, 1995, кн. 4, с. 160.
12. Гочев, Д. Энерго-структурен инвариант — предпоставки и същности. — Аерокосмически изследвания в България, (под печат).
13. Raeder, J. GRL, 22, 1995, iss. 4, p. 349.
14. Rushoniet, J. M. GRL, 22, 1995, iss. 9, p. 1121.
15. Воробев, В. Г. Геомагнетизм и аэрономия, 35, 1995, кн.5, с. 34.
16. Корогаев, Г. X. Геомагнетизм и аэрономия, 35, 1995, кн. 4, с. 119.

Постъпила на 28. V 1996 г.

## An energy-structural invariant in space plazma

*Dejan Gotchev*

(Summary)

An unusual view on the processes of energy-structural transformation in the magnetosphere is presented. The general interrelation and its ambiguities are critically discussed.