

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(23—24 апреля 1980 г.)

23 и 24 апреля 1980 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

*23 апреля*

1. В. А. Догель. Физические модели долгопериодных вариаций солнечной активности.
2. И. Д. Новиков. Объект нового класса — SS433: наблюдения и теория.

*24 апреля*

3. А. Н. Скринский. Электро-позитронная программа ИЯФ СО АН СССР и встречные линейные пучки (ВЛЭПП).
  4. А. М. Балдин. Релятивистская ядерная физика.
- Содержание одного из докладов приводится ниже.

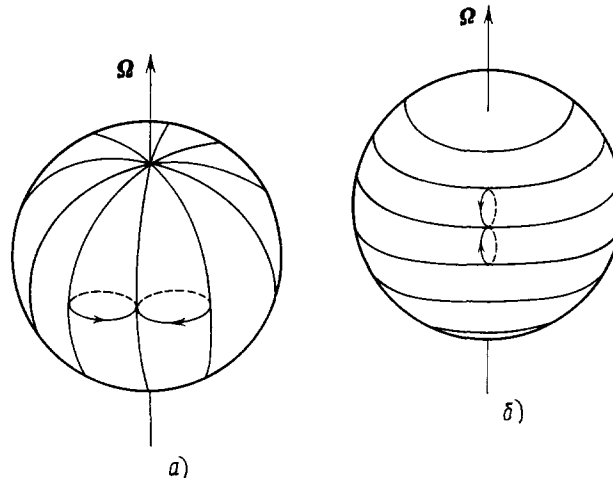
523,72(048)

**В. А. Догель.** Физические модели долгопериодных вариаций солнечной активности. В докладе обсуждается качественная модель, объясняющая причину длительных минимумов солнечной активности. Больше всего данных имеется по последнему Маундеровскому минимуму<sup>1</sup>. Он продолжался с 1645 по 1715 гг. Маундеровский минимум характеризовался резким уменьшением числа пятен на поверхности Солнца. За все семьдесят лет Маундеровского минимума наблюдалось пятен меньше, чем за один нормальный 11-летний солнечный цикл. Есть указания на то, что в этот период исчезли магнитные поля и в солнечной короне, и в межпланетном пространстве. Наиболее убедительное доказательство реальности этого явления было получено при изучении количества изотопа  $C^{14}$  в кольцах деревьев<sup>2</sup>. По этим данным выделяется не только Маундеровский минимум, но и ряд других минимумов солнечной активности, имевших место на Солнце ранее.

Вопрос о механизме этого явления остается открытым. В частности, предполагается, что уменьшение активности на Солнце связано с наложением минимумов гипотетических 80-летней и 170-летней периодической активности Солнца<sup>3</sup>. Однако анализ статистических свойств солнечной активности не подтверждает подобного предположения<sup>4</sup>.

Как уже говорилось выше, Маундеровский минимум характеризовался исчезновением магнитных полей на фотосфере. Процесс генерации магнитных полей на Солнце прежде всего связан со структурой движений в конвективной зоне. Можно предположить, что в период минимумов активности структура конвекции была такова, что поток тепла к поверхности Солнца почти не изменялся, а эффективность генерации магнитных полей значительно снижалась<sup>5</sup>.

Изучение структуры конвекции прежде всего связано с предположением о масштабах конвективных движений в подфотосферной области. В рассматриваемой модели предполагается, что размер конвективных ячеек сопоставим с толщиной конвективной зоны. В этом случае становится значительным влияние вращения. В результате реализуется долготная структура конвективных ячеек<sup>6</sup>, вытянутых от полюса до полюса (рис. а). Подтверждением реальности существования такой структуры конвекции на Солнце может являться наблюдение на фотосфере долготной структуры движений<sup>7</sup>, долготной структуры магнитных полей<sup>8</sup> (см. также обзор<sup>9</sup>) и направление наблюдаемой на поверхности Солнца меридиональной циркуляции<sup>10</sup>, которое соответствует наличию в конвективной зоне структуры гигантских долготных конвективных ячеек. Анализ уравнений конвекции показывает, что конвективные движения в долготных ячейках при наличии вращения перераспределяют момент, в результате чего возникают вторичные течения: дифференциальное вращение (зависимость угловой



Структура конвективных ячеек в дифференциально вращающейся сферической оболочке.

скорости от координат) и меридиональная циркуляция<sup>6</sup>. В работах<sup>11, 12</sup> изучалось обратное влияние вторичных течений (дифференциального вращения) на структуру конвекции. Анализировалась конвекция в тонкой, вращающейся сферической оболочке, в приближении Бусинеска, при наличии сдвигового течения. Задача решалась в пределе устойчивости, т. е. определялась мода конвекции, которая возбуждалась при наименьшей разнице температур между внутренней и внешней сферами. Было показано, что, если градиенты угловой скорости  $\nabla\Omega$  меньше некоторой критической величины  $\nabla\Omega_{кр}$  ( $\nabla\Omega < \nabla\Omega_{кр}$ ), то реализуется долготная структура конвективных ячеек (рис. а), как и для случая однородного вращения. В противном случае ( $\nabla\Omega > \nabla\Omega_{кр}$ ) реализуется осесимметричная широтная структура конвективных ячеек, представляющих собой тороиды, ось которых совпадает с осью вращения (рис. б).

Процесс временного развития конвекции в оболочке можно себе представить следующим образом. Пока градиенты угловой скорости достаточно малы, структура конвекции является долготной. Конвективные движения, перераспределяя момент в оболочке, создают градиенты угловой скорости. Эти градиенты могут расти до тех пор, пока перенос момента конвекции не будет скомпенсирован обратным переносом момента из-за вязкости, которая стремится выравнять угловые скорости. В результате достигается состояние, в котором существует долготная структура конвекции на фоне стационарного дифференциального вращения. Оно характеризуется стационарными градиентами угловой скорости  $\nabla\Omega_{ст}$ . Также состояние возможно, если  $\nabla\Omega_{ст} < \nabla\Omega_{кр}$ .

В случае  $\nabla\Omega_{ст} > \nabla\Omega_{кр}$  рост градиентов продолжается лишь до величины  $\nabla\Omega_{кр}$ , после чего структура конвекции меняется с долготной на широтную. Широтная структура конвекции не в состоянии поддерживать градиенты угловой скорости, обусловивших ее появление, поэтому градиенты уменьшаются из-за вязкости и система вновь переходит в состояние с долготной структурой конвекции, т. е. осуществляется автоколебательный режим конвекции с изменением от одной структуры конвекции к другой и обратно. Время существования долготной структуры конвекции — время роста

градиентов угловой скорости, время существования широтной структуры конвекции — время диссипации этих градиентов.

Если предположить существование на Солнце автоколебательного режима конвекции, то с периодами существования широтной структуры конвекции можно связать периоды пониженной активности (Маундеровский минимум), поскольку, согласно теореме Каулинга, в условиях осесимметричной структуры движений невозможно действие механизма генерации магнитных полей (динамо-механизма). Высокая активность Солнца соответствует периодам существования долготной структуры конвекции.

Следует отметить, что процесс образования дифференциального вращения и процесс перехода из одного режима конвекции в другой существенно связаны с нелинейным взаимодействием различных мод движений, возбуждающихся в конвективной оболочке. В этих условиях можно ожидать, что переход из одного состояния в другое происходит стохастическим образом (примеры возникновения стохастичности в гидродинамических системах см. <sup>14, 15</sup>).

Альтернативная модель, описывающая возможную природу и нерегулярность появления длительных минимумов солнечной активности, представлена в работе <sup>16</sup>, где учтено обратное влияние магнитного поля на конвективные движения.

Интересно отметить, что наблюдаемое распределение угловой скорости в период, предшествующий Маундеровскому минимуму, соответствует аномально большому широтным градиентам на фотосфере <sup>17</sup>, что согласно представленной модели и может являться причиной понижения активности Солнца.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Eddy J. A. — Science, 1976, v. 192, p. 1189; УФН, 1978, т. 125, с. 315.
2. Kocharov G. E., Vasiliev V. A., Dergachev V. A., Mikhailchenko N. G. — In: Proc. of XVI Intern. Cosmic Ray Conference, Japan, 1979. — V. 2, p. 256.
3. Link F. — Solar Phys., 1978, v. 59, p. 175.
4. Willis D. M., Tulunay Y. K. — Ibid., 1979, v. 64, p. 237.
5. Parker E. N. — IAU Symp., 1976, No. 71, p. 3.
6. Busse F. H. — Astron. and Astrophys., 1972, v. 28, p. 27.
7. Howard R. — Solar Phys., 1971, v. 16, p. 21.
8. Wagner W. J., Gilliam L. B. — Ibid., 1976, v. 50, p. 265.
9. Догель В. А., Сыроватский С. И. — В кн. Труды IX Ленинградского семинара по космофизике. — Л.: ЛИЯФ АН СССР, 1978. — С. 16.
10. Duvall T. L. — Solar Phys., 1979, v. 63, p. 3.
11. Догель В. А., Сыроватский С. И. — В кн. Труды VIII Консультативного совещания КАПГ «Внеатмосферные исследования активных областей». — М.: Наука, 1976. — С. 97.
12. Догель В. А., Сыроватский С. И. — Изв. АН СССР. Сер. физ., 1979, т. 43, с. 716.
13. Догель В. А., Сыроватский С. И. — В кн. Труды XI Ленинградского семинара по космофизике. — Л.: ЛИЯФ АН СССР, 1980.
14. Монин А. С. — УФН, 1978, т. 125, с. 97.
15. Рабинович М. И. — Ibid., с. 123.
16. Зельдович Я. Б., Рузмайкин А. А. Проблемы динамо в астрофизике: Препринт ИПМ АН СССР № 52. — Москва, 1980.
17. Eddy J. A., Gilman P. A., Troffer D. E. — Solar Phys., 1976, v. 46, p. 3.