

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКСОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

551.510.535(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ  
И АСТРОНОМИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР  
(18 декабря 1974 г.)**

18 декабря 1974 г. состоялась выездная научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (Красная Пахра, Академгородок). На сессии были заслушаны доклады:

1. В. В. Мигулин. Вступительное слово.
2. А. В. Гуревич, Е. Е. Цедиллина. Теоретические исследования сверхдальнего распространения коротких радиоволн.
3. С. Ф. Голян, Л. А. Лобачевский. Результаты экспериментальных исследований по глобальному распространению коротких радиоволн.
4. А. Н. Пушков, Э. Б. Файнберг, Т. А. Чернова, М. В. Фискина. Вековые вариации геомагнитного поля по современным данным.
5. И. А. Жулин. Комплексные исследования корпускулярных вторжений в высокоширотную ионосферу.
6. Э. И. Могилевский. Тонкая структура солнечной магнитоплазмы.
7. В. И. Карпман. Нелинейное распространение геликонов в магнитосфере.

Ниже приводится краткое содержание пяти прочитанных докладов.

551.510.535(048)

**В. В. Мигулин.** Вступительное слово. Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН) призван вести исследования постоянной и переменной частей геомагнитного поля, изучать структуру и свойства ионосферы и более высоких слоев атмосферы, образующих сложную по составу и весьма нестабильную приземную плазму, исследовать особенности распространения коротких (декаметровых) волн с учетом структуры и состояния ионосферы и вести исследования в области солнечно-земной физики.

Изучение механизма воздействия солнечной электромагнитной и корпускулярной радиации на процессы в магнитосфере и ионосфере и выяснение особенностей нестационарных процессов на Солнце, сказывающихся на интенсивности и характере воздействия солнечной деятельности на состояние приземной плазмы и магнитного поля земли, в последние годы стали одним из важных направлений научной деятельности ИЗМИРАНа. При этом быстрые изменения магнитного поля земли, нестационарные процессы в ионосфере и связанные с ними изменения условий распространения декаметровых радиоволн и другие волновые электромагнитные процессы находятся в тесной связи с нестабильностями солнечной активности. Вся совокупность этих явлений требует комплексного изучения и проведения широко поставленных и разносторонних исследований.

Изучение постоянной или медленно меняющейся компоненты магнитного поля Земли (МПЗ) и его пространственного распределения по земному шару помимо большого прикладного значения должно привести к установлению действительного механизма возбуждения МПЗ и особенностей внутренней структуры Земли. Переменные компоненты МПЗ, его вариации связаны с внешними источниками, с динамикой приземной плазмы и воздействием солнечной радиации. Поэтому их изучение является частью широких исследований в области солнечно-земной физики и позволяет установить многие ранее неизвестные связи процессов на земле и в околоземном пространстве с состоянием магнитного поля в межпланетном пространстве и состоянием солнечного ветра.

Ионосферное распространение радиоволн — это проблема, которая для ИЗМИРАНа интересна как со стороны выяснения действительного механизма распространения радиоволн в реальной ионосфере со всеми ее особенностями и непостоянством, так и со стороны решения обратной задачи — получения информации об ионосфере посредством изучения свойств радиосигналов, пришедших после взаимодействия с ионосферой. Изучение распространения радиоволн на малые и большие расстояния, взаимодействие электромагнитных волн радиодиапазона с плазмой ионосферы и магнитосферы, нелинейные эффекты при этом взаимодействии и создание регулярной системы радиопрогнозов — это далеко не полное перечисление вопросов, стоящих перед исследователями ИЗМИРАНа.

Созданные в последние десятилетия новые технические средства — ракеты, спутники и космические аппараты, а также новые весьма совершенные радиосистемы — позволили существенно расширить возможности получения информации о состоянии и свойствах ионосферы и магнитосферы и особенностях протекающих в них процессов. Одной из важных задач, решаемых в ИЗМИРАНе, является освоение этих новых возможностей и расширение той обширной информации, на которой строятся наши представления об изучаемых объектах и процессах. Но, пожалуй, одной из важнейших тенденций следует считать своего рода «идеологическую» перестройку всей направленности научной работы в ИЗМИРАНе, переход от простого сбора данных, от наблюдательской психологии, от «наблюдательной физики» к продуманной постановке комплексных экспериментов, к использованию экспериментов с задаваемым воздействием на изучаемые среды, к активным экспериментам, к «исследовательской физике». Работы с воздействием мощного радиоизлучения на ионосферу, с инжекцией мощного электронного пучка с ракеты в ионосферу, с выпуском бариевых облаков и др. — это первые примеры постановки экспериментов, которые могут дать существенно больше, чем накопление результатов измерений, полученных в случайных, неконтролируемых условиях. И бесспорно, что последовательная реализация программы ряда подобных продуманных экспериментов даст возможность в сочетании с опытом наблюдений естественных процессов создать достаточно обоснованную и полную картину физических процессов в околоземном пространстве, над землей, на земле, в связи с солнечной активностью и их влияния на распространение радиоволн, магнитное поле и, может быть, и на метеорологические процессы.

621.391.81(048)

**А. В. Гуревич, Е. Е. Цедилина.** Теоретические исследования сверхдальнего распространения коротких радиоволн. Сверхдальнее и, в частности, кругосветное распространение коротких радиоволн представляет интерес как для наземной радиосвязи, так и для связи с ракетами и спутниками. Известно, что при распространении радиоволн в межслоевом волноводном канале ионосферы способна удерживать частоты, большие максимальной применимой частоты (МПЧ). Вопрос об использовании таких частот имеет важное практическое значение.

При распространении на сверхдальние расстояния радиоволна проходит одновременно сильно различающиеся области ионосферы, например, ее дневную и ночную стороны или экваториальную, среднеширотную и полярную зоны. Поэтому при аналитическом анализе необходимо учитывать регулярную горизонтальную изменчивость ионосферы вдоль трассы луча, т. е. рассматривать трехмерно-неоднородную модель ионосферы. Важное значение имеет также поглощение и рассеяние радиоволн как при их распространении, так и при захвате и выходе из ионосферных каналов.

Поскольку свойства ионосферы сравнительно медленно изменяются в горизонтальном направлении, то сохраняется адиабатический инвариант луча  $I$ , являющийся приближенным интегралом движения уравнения геометрической оптики<sup>1</sup>. Для распространения на сверхдальние расстояния особым преимуществом обладает межслоевой ионосферный канал FE. Захватившись в канал FE, волна распространяется в нем с малым значением инварианта  $I_0$ , поэтому она имеет наибольшую возможность пройти через ночную зону, где объем канала минимален по трассе. Кроме того, поглощение в канале FE меньше, чем в надземном канале F, особенно для траекторий, близких к скользящим<sup>2</sup>.

Метод адиабатического инварианта применен для исследования глобальных свойств дальнего распространения<sup>3</sup>. Численный модельный эксперимент проведен на трехмерных аналитических моделях распределения электронной концентрации ионосферы и эффективной частоты электронных соударений, построенных для спокойных равноденственных условий минимума солнечной активности<sup>4</sup>. Результаты расчетов показали, что максимальные частоты кругосветных сигналов (МПЧКС), определяющиеся прохождением через ночную среднеширотную зону порядка 20—22 МГц, т. е. на 10—14 МГц выше МПЧ ночной зоны. Существует довольно протяженная (в основном дневная) область существования каналов на частотах, значительно выше МПЧ  $F_{\max}$  — до частот порядка 45—50 МГц. Захват энергии в межслоевой канал и ее выход значителен в дневные часы. Наибольшая вероятность захвата

должна наблюдаться на средних широтах в дневные часы. Изучение азимутальных направлений существования кругосветных каналов показало, что преимущественные направления — это широтные для среднеширотных станций. Частотный и временной диапазон захвата, в основном, соответствует экспериментальным наблюдениям. Однако оказывается уже, чем наблюдаемый экспериментально<sup>5</sup>. Существенную роль

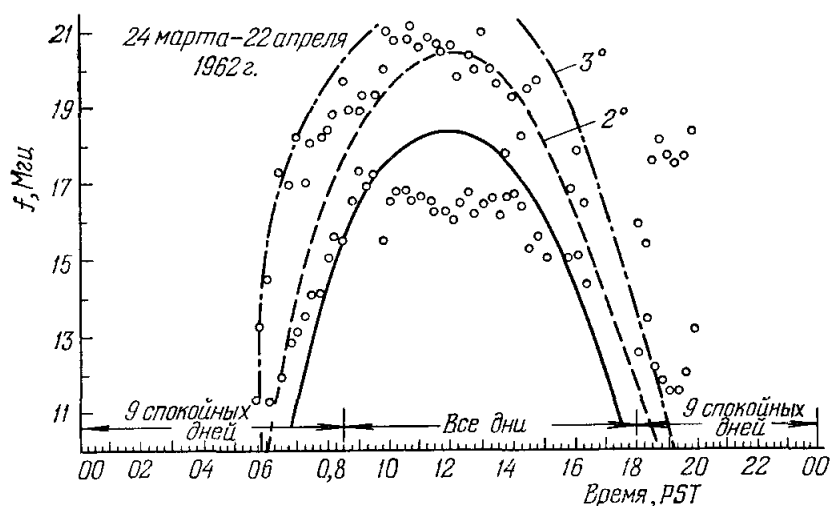


Рис. 1. Сравнение экспериментальных (значки) и теоретических кривых МПЧ КС по результатам наблюдения сигналов КС в Стэнфорде в марте — апреле 1962 г.

Штриховая кривая вычислена при учете рассеяния луча в канале на  $2^\circ$ , штрих-пунктирная — на  $3^\circ$ , сплошная кривая — без учета рассеяния. Кругочками показаны экспериментально измеренные значения МПЧКС.

здесь, по-видимому, играет рассеяние радиоволн на мелкомасштабных ионосферных неоднородностях, учет которого позволяет объяснить наблюдаемый частотный и временной диапазон кругосветных сигналов<sup>6</sup> (рис. 1). Проведено исследование поглощающих свойств ионосферных волновых каналов<sup>7</sup>. Оно показало, что для излучателя, находящегося на средних широтах, наименьшее поглощение испытывают сигналы, распространяющиеся в направлениях, близких к широтным, поскольку

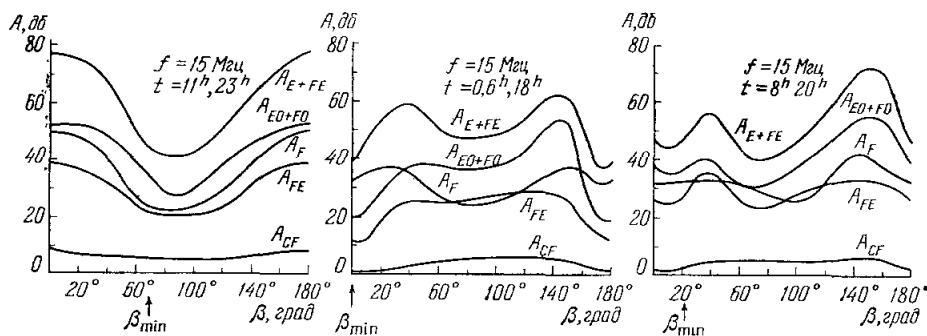


Рис. 2. Азимутальная зависимость поглощения на частоте  $f = 15 \text{ МГц}$  для пункта, расположенного на широте  $\theta = 38^\circ$ .

Местное время указано на рисунке. Внизу показано значение оптазов  $\beta_{\min}$ .

на средних широтах днем поглощение минимально. Азимутальная зависимость поглощения имеет два минимума, один из которых соответствует известной теореме Фенвика<sup>5</sup> об оптимальных азимутах минимального поглощения  $\beta_{\min}$ , а второй соответствует среднеширотному направлению минимального поглощения (рис. 2).

Анализ вопроса о возбуждении ионосферного волноводного канала показывает, что энергетически выгоден захват за счет регулярной горизонтальной изменчивости ионосферы. Захваченная мощность в этом случае в оптимальных условиях составляет

$10^{-1}$ — $10^{-2}$  от излученной. Захваченная мощность за счет эффектов рассеяния  $10^{-2}$ — $10^{-5}$ , за счет волновых эффектов  $\sim 10^{-4}$ — $10^{-5}$ .

Важное влияние на захват радиоволн в ионосферный волновой канал могут оказывать нелинейные эффекты<sup>1</sup>. Под воздействием мощного радиоизлучения<sup>8</sup> возникает расслоение ионосферной плазмы в области F-слоя, приводящее к появлению сильно вытянутых вдоль магнитного поля Земли неоднородностей с широким спектром поперечных размеров от 1 м до 1 км. Такие неоднородности отражают падающее на них

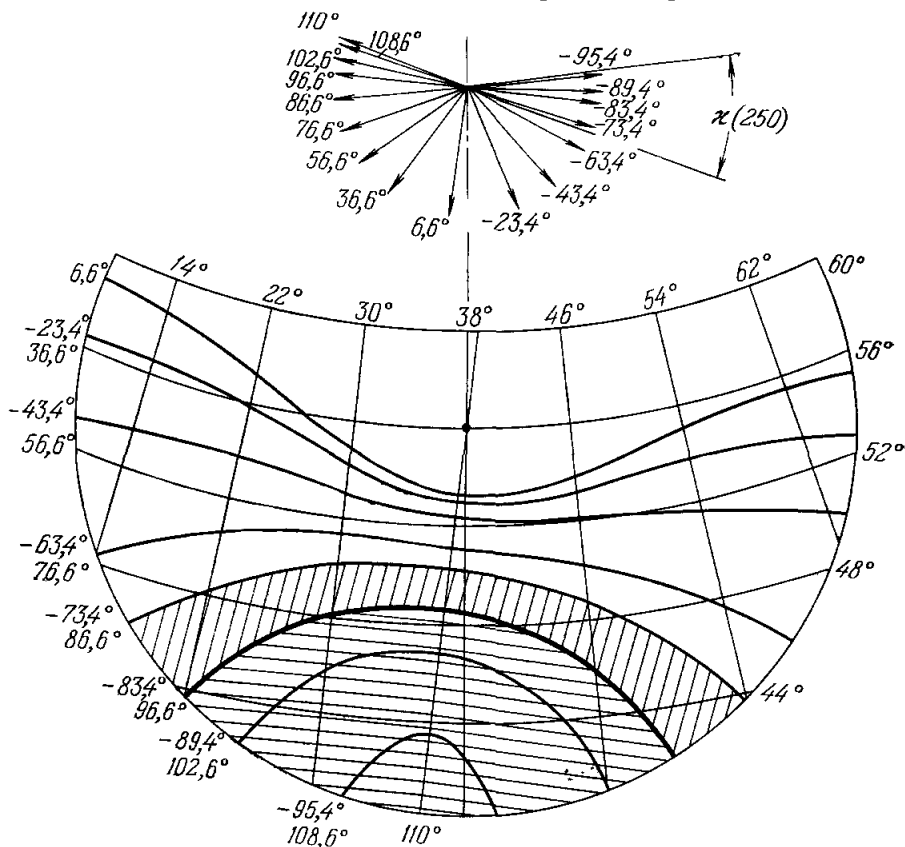


Рис. 3. Кривые пересечения зеркального конуса излучения с поверхностью земли для захвата радиоволн в ионосферный волновой канал в направлениях, указанных на рисунке.

Высота области рассеяния  $h_0 = 250$  км, ее координаты  $\theta = 38^\circ$ ,  $\phi = 56^\circ$ .

радиоизлучение на частотах  $10 \div 80$  Мгц по закону зеркального рассеяния<sup>9</sup>. Это явление может быть эффективно использовано для возбуждения межслоевого волнового канала<sup>10</sup>. На рис. 3 показаны области излучения и возможного приема кругосветных сигналов на Земле при наличии нелинейного расслоения на высоте  $h_0 = 250$  км. На кривой  $\beta = 96.6^\circ$ , образуемой пересечением плоскости, перпендикулярной магнитному полю в центре рассеивающей области с поверхностью Земли, можно ожидать появления кругосветных сигналов, захваченных и приходящих с направлений  $\beta_1 = 96.6^\circ$  и  $\beta_2 = -83.4^\circ$  как на разнесенных приемнике и передатчике, так и на совмещенных в одном пункте. Области, расположенные к северу и югу от этой кривой, могут быть использованы только соответственно или для излучения энергии с целью захвата в межслоевой канал в направлениях захвата, указанных у кривых, или для ее приема после кругосветного распространения и выхода из канала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Гуревич, Геоматн. и аэронам. 11, 961 (1971); А. В. Гуревич, Е. Е. Цедлина, ibid. 13, 283 (1973).
2. П. Е. Краснушкин, Метод нормальных волн в проблеме дальних радиосвязей, М., Изд-во Московск. ун-та, 1947.

3. Е. Е. Цедиллина, Геомагн. и аэроном. 14, 1008 (1974); И. А. Тушенцова, Д. И. Фишук, Е. Е. Цедиллина, *ibid.* 15, 78 (1975); Карты глобального распределения некоторых параметров ионосферных волновых каналов. 1. Препринт ИЗМИРАН СССР № 5а (90), Москва, 1974.
4. А. В. Гуревич, Д. И. Фишук, Е. Е. Цедиллина, Геомагн. и аэроном. 13, 31 (1973).
5. R. B. Fenwick, Round-the-world High-frequency Propagation, Techn. Report No. 71, Radioscience Lab., Stanford University, 1963; R. B. Fenwick, O. G. Villard, J. Geophys. Res. 68, 5659 (1963); И. Я. Островский, Геомагн. и аэроном. 12, 763 (1972); С. Ф. Голян, в кн.: Вопросы распространения КВ, ч. 1, М., ИЗМИРАН, 1974, стр. 78.
6. А. В. Гуревич, Е. Е. Цедиллина, Изв. вузов (Радиофизика) 18 (9) (1975); А. В. Гуревич, Л. А. Ерухимов, В. Ю. Ким, В. П. Урядов, Е. Е. Цедиллина, *ibid.* 18 (9).
7. И. А. Тушенцова, Д. И. Фишук, Е. Е. Цедиллина, *ibid.* 18 (9); И. А. Тушенцова, Е. Е. Цедиллина, в кн.: Исследование сверхдальнего распространения коротких радиоволн, М., Ротапринт ИЗМИРАН, 1975.
8. У. Ютло, Р. Козн, УФН 109, 311 (1973); И. С. Шлюгер, УФН 113, 729 (1974); В. В. Беликович, Е. А. Бенедиктов, Г. Г. Гетманцев и др., *ibid.*, стр. 732.
9. P. A. Fialer, Radio Science 9, 923 (1974); J. Minkoff, P. Kugelmann, I. Weissman, *ibid.*, p. 941.
10. А. В. Гуревич, Е. Е. Цедиллина, Геомагн. и аэроном. 15 (6) (1975).

621.391.81(048)

**С. Ф. Голян, Л. А. Лобачевский.** Результаты экспериментальных исследований по глобальному распространению коротких радиоволн. В течение 1966—1972 гг. в ИЗМИРАНе были проведены экспериментальные исследования условий распространения коротких радиоволн на трассах большой протяженности: Москва — Антарктида (ст. Молодежная) и Москва — дизель-электроход «Обь» по пути следования из Ленинграда на ст. Молодежная.

Московский передатчик, мощностью 20 *квт*, работал в импульсном режиме на ромбическую антенну, направленную на Молодежную. Длительность импульса 500 *мксек*, частота повторения 12,5 импульса в секунду. Излучение проводилось круглосуточно, каждые 3 часа на 10 фиксированных частотах в диапазоне 4,5—23 *Мгц*. На ст. Молодежная и на «Оби» производились измерения напряженности поля и относительного временного запаздывания принятых сигналов. Прием осуществлялся на вертикальный несимметричный вибратор. Синхронизация приемного и передающего пунктов осуществлялась от высокостабильных опорных генераторов.

В результате анализа многочисленного экспериментального материала были изучены характеристики распространения КВ радиосигналов как в прямом направлении (по меньшей дуге большого круга), так и в обратном (по большей дуге), а также кругосветных сигналов.

Из этого анализа было определено наличие в ионосфере оптимальных каналов сверхдальнего распространения радиоволн с затуханием, намного меньшим, чем это следует из расчетов напряженности поля существующими методами.

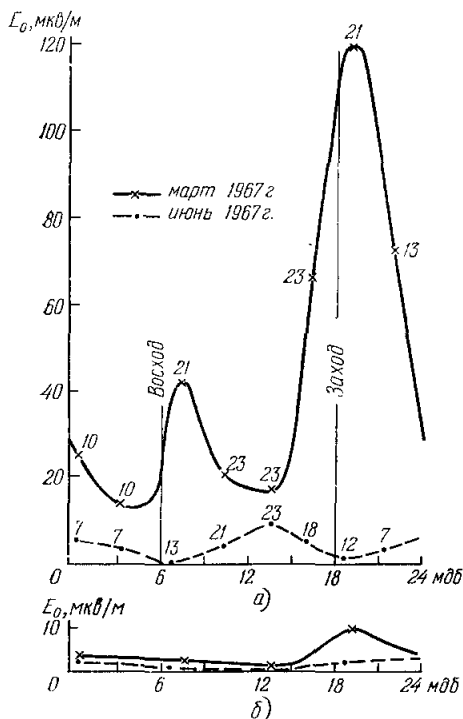
Из этих данных было найдено, что оптимальные каналы образуются в ионосфере в послезаходные и послевосходные периоды, а именно, при распространении в плоскости большого круга, повернутой относительно плоскости терминатора (вокруг земной оси) на угол 15—20° в направлении вращения Земли.

Радиолинии большой протяженности, плоскость дуги большого круга которых в определенные моменты времени суток и года совпадает с плоскостью оптимального кольцевого канала, имеют в это время наилучшие условия для радиосвязи.

Например, на меридиональных радиотрассах (таких, как Москва — Молодежная) наиболее благоприятные условия для сверхдальнего распространения наступают в равноденствие через 1—1,5 часа после захода (восхода) Солнца. На рис. а) представлены экспериментальные графики суточного хода месячных медианных значений напряженности поля ( $E_0$ ) на оптимальных рабочих частотах на радиолинии Москва — Молодежная для наиболее характерных периодов года, равноденствия (март 1967 г.) и солнцестояния (июнь 1967 г.). Цифрами указаны соответствующие значения ОРЧ в *Мгц*. На рис. б) для сравнения приведены расчетные значения  $E_0$  для тех же периодов. Расчет проводился по методу А. Н. Казанцева.

Значительное увеличение напряженности поля в послевосходные и особенно в послезаходные периоды в равноденствия указывает на наличие в эти периоды оптимальных каналов в ионосфере.

Существенные расхождения между расчетными и экспериментально полученными значениями говорят о необходимости разработки нового метода расчета напряженности поля коротких радиоволн на глобальных радиотрассах, учитывающего специфику механизма сверхдальнего распространения.



На основе анализа экспериментальных материалов, полученных на «Оби», показано также, что на радиотрассах, никогда не совпадающих с терминатором, а следовательно, и с оптимальным кольцевым каналом, наиболее благоприятные в течение суток условия сверхдальнего распространения наступают в момент, когда оптимальный кольцевой канал пересекает большой круг трассы в точках на экваторе. Причем наилучшие в течение года (в то же время суток) условия распространения наступают, когда угол между плоскостями трассы и оптимального кольцевого канала будет минимальным.

В результате проведенных работ были получены аналитические выражения и построены номограммы, позволяющие определять периоды времени суток и года, наиболее благоприятные для дальней КВ радиосвязи между любыми пунктами на земном шаре, как в прямом, так и в обратном направлениях, а также определять направления и соответствующие периоды времени, наиболее благоприятные для кругосветного распространения из произвольно заданного пункта.

Представленная упрощенная картина механизма глобального распространения коротких радиоволн требует создания более

точных количественных методов расчета энергетических характеристик распространения, что предполагается осуществить в ИЗМИРАНе на базе ведущихся там теоретических исследований.

550.38(048)

**А. Н. Пушков, Э. Б. Файнберг, Т. А. Чернова, М. В. Фискина.** Вековые вариации геомагнитного поля по современным данным. По единой методике проведен анализ прямых измерений и построены аналитические модели геомагнитного поля и вековых вариаций для трех перекрывающихся временных интервалов:

1950—1975 гг. Использование максимально подробной и точной информации позволяет развить ряд до  $n = m = 9$ , разложение используется для решения практических задач: пересоставления магнитных карт, приведения к одной эпохе данных разновременных съемок, прогноза поля на ближайшее пятилетие.

1880—1970 гг. Используются данные компонентных съемок и обсерваторий, ряд развит до  $n = m = 6$ , результаты использованы для изучения пространственно-временных особенностей структуры поля с временем существования менее 100 лет.

1500—1970 гг. Используются данные угловых измерений, ограниченность информации позволяет развить ряд до  $n = m = 4$ , результаты использованы для изучения пространственно-временных особенностей структуры поля с временами существования менее 600 лет.

Рассмотрение морфологии поля для различных моментов времени позволяет выделять эффекты, отличающиеся по пространственным и временным характеристикам.

Эффекты первого порядка — глобальные особенности пространственной структуры, амплитуды изменений составляют  $25 \mu\text{гад}$ , время существования превышает рассмотренный временной интервал. К этим эффектам относятся: уменьшение магнитного момента, однородная составляющая западного дрейфа со скоростью  $0,2^\circ$  в год, смещение дипольной компоненты к северу, асимметрия поля северного и южного полушарий.

Эффекты второго порядка — крупные региональные особенности пространственной структуры поля («материковые аномалии») и соответствующие им фокусы вековой вариации типа Атлантического. Пространственные размеры особенностей

40—60°, время существования ~ 600 лет, амплитуды изменений достигают 60—160  $\gamma/\text{год}$ . Особенности имеют тенденцию смещения к западу. В южном полушарии число особенностей больше, чем в северном, что увеличивает асимметрию поля.

Эффекты третьего порядка характеризуются пространственными размерами 20—30°, временем существования 40—70 лет, амплитудами изменений 40—100  $\gamma/\text{год}$ . Особенности возникают в приэкваториальной области, имеют компоненты скорости к западу, югу (в южном полушарии) и северу (в северном полушарии), по мере удаления от экватора южная и северная компоненты скорости растут. Для изучения этих особенностей точности глобальных представлений недостаточно и необходима детализация — построение более подробных карт, что возможно для территорий Европы и СССР, США, Канады.

В рамках разложения в ряд Гаусса переход от набора коэффициентов или структуры поля к его источникам невозможен. Попытки обойти эту трудность реализовывались по пути: раздельного рассмотрения различных сочетаний гармоник, построения токовых функций, дипольных или мультипольных моделей.

Идя по пути поиска разложения, учитывающего особенности пространственно-временной структуры поля, позволяющего выделять независимые структуры, мы использовали разложение по естественным ортогональным составляющим. Поле представляется рядом  $H_{ij} = \sum T_{hi} X_{hj}$ , где  $T_{hi}$  — функции, зависящие только от времени  $i$ ,  $X_{hj}$  — естественные функции, образующие на данном множестве точек  $j$  ортогональную систему, описывающую пространственную структуру поля. Основное свойство функций  $T_{hi}$  и  $X_{hj}$  заключается в их некоррелированности, т. е. различные члены разложения описывают различные пространственно-временные особенности поля. Исходным материалом для разложения послужили результаты сферических анализов, описанные выше. Разложение выполнено на ЭВМ БЭСМ-6. Результаты анализа позволяют более обоснованно выделить эффекты с различными характерными временами и пространственными размерами, оценить характерное время эффектов первого порядка в 1200 лет, второго в 600 и 300, третьего в 120 и 60 лет. Таким образом, разложение по естественным составляющим в комплексе с разложением в ряд Гаусса расширяет возможности интерпретации морфологии поля и его изменений с позиций МАК воли С. И. Брагинского или свободного распада поля Хайда.

523.76(048)

**Э. И. Могилевский.** Тонкая структура солнечной магнитоплазмы. 1. Исследование природы тонкой структуры (ТС) солнечной магнитоплазмы стало ведущей проблемой в физике Солнца. Основные свойства явлений солнечной активности и связанный с ними комплекс солнечно обусловленных геофизических явлений определяются характерной филаментарной ТС магнитоплазмы. Почти все магнитное поле в активных и возмущенных областях Солнца сосредоточено во множестве регулярно расположенных мелкомасштабных (размер  $\geq 1''$ ) точечных (в сечении) нитеобразных элементов. Напряженность поля в них находится в пределах от нескольких сот (в так называемых филлиринах — светлых точках на границах конвективных супергранул) до  $10^3$  э (в пятнах, порах, магнитных «узелках»). Филаментарная ТС магнитного поля и связанная с ней столь же тонкая структура распределения скоростей и эмиссии солнечной магнитоплазмы прослеживается по оптическим, рентгеновским и радионаблюдениям на всех уровнях в фотосфере, хромосфере, короне и в межпланетной плазме. Исследования эволюции с динамики ТС проводятся с наиболее совершенными солнечными установками (вакуумными башенными телескопами, атмосферными солнечными телескопами и т. д.).

2. Исследования некоторых тонких эффектов зеемановского расщепления фраунгоферовых линий в пятнах позволили показать<sup>1</sup> возможность существования большого магнитного поля в теснорасположенных магнитных жгутах ТС, между которыми имеется поле ( $\approx 200$ —300 э) противоположного направления. В пользу такого представления говорят различия доплеровских скоростей, определяемых по  $\sigma$ - и  $\pi$ -компонентам ( $v_\sigma = v_\pi - V$ , где  $0,25 \leq V \leq 0,5$  км/сек).

3. Исследования ТС солнечной магнитоплазмы и иерархической дискретной макроструктуры солнечной активности можно также проводить путем детального изучения квазипериодических колебаний (КПК) магнитного поля и связанных с ними КПК эмиссии в оптическом, рентгеновском и радиодиапазонах.

Наблюдения КПК векторов магнитного поля в пятнах одновременно на двух уровнях с двумя вектор-магнитографами<sup>2,3,4</sup> позволили выявить дискретный спектр мощности низкочастотных КПК поля и лучевых скоростей. Эти КПК поля распространяются с локальной альвеновской скоростью от фотосферы к хромосфере и короне активной области. КПК в радиоэмиссии (особенно для  $S$ -компоненты излучения над пятнами, радиосплесков IV типа и шумовых бурь, в генерации которых определяющую роль играет магнитное поле) тесно связаны с КПК магнитных полей. Спектр мощности КПК несет информацию как о ТС магнитоплазмы (в диапазоне частот

модуляции  $\approx 10^{-1} - 10$  гц), так и о ее макроструктуре (в диапазоне частот модуляции  $\approx 10^{-2} - 10^{-4}$  гц). Это подтверждается также численным моделированием процесса и сравнением с наблюдениями КПК для магнитных полей и радиоэмиссии. Поэтому спектр мощности КПК, а также результаты регрессионного анализа могут служить количественной характеристикой эволюции активных областей<sup>4</sup>. Отсюда следует возможность построения количественного вероятностного прогноза солнечной активности и солнечно-обусловленных геофизических явлений<sup>5</sup>.

4. Можно попытаться построить теоретическую модель ТС солнечной магнитоплазмы путем введения функции распределения статистического ансамбля токово-вихревых дискретных (субгранульных) элементов<sup>6,7</sup>. Анизотропная функция распределения получается из уравнения Власова для бесстолкновительных ограниченных в фазовом пространстве магнито-взаимодействующих дискретных элементов. Можно при этом получить, в частности, эффективную проводимость в магнитоплазме, которая в  $R_m$  (магнитное число Рейнольдса) раз меньше классической. При этом могут быть поняты ряд «странных» свойств магнитоплазмы солнечных явлений (относительно большая динамичность и слабая «замороженность» магнитных полей в солнечной плазме и т. д.). Солнечную магнитоплазму формально можно рассматривать так же, как магнитную жидкость. Результаты солнечных наблюдений (всасывание и выбросы тонкоструктурных элементов в ряде солнечных явлений в окрестности сильных полей, вихревые движения и цилиндрические волны в элементах ТС и др.) указывают на более глубокий смысл аналогии солнечной магнитоплазмы с магнитной жидкостью<sup>6</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. I. Mogilevski, L. B. Demkina, B. A. Ioshpa, V. N. Obridko, in: Structure and Development of Solar Active Regions, Ed. K. O. Kiepenheuer (IAU Symposium No. 35), Dordrecht, D. Reidel, 1968, p. 215.
2. Э. И. Могилевский, В. Н. Обриджко, Б. Д. Шельтинг, Изв. вузов, Радиофизика **16**, 1357 (1973).
3. Е. I. Mogilevski, in: Solar Magnetic Fields, Ed. R. Howard (IAU Symposium No. 43) 1971, p. 480.
4. Э. И. Могилевский, Вестн. АН СССР, № 3, 37 (1973).
5. Е. I. Mogilevski, in: Solar Activity Observations and Predictions, v. 30, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1971, p. 411; Препринт ИЗМИР АН СССР № 19, Москва, 1972.
6. Е. I. Mogilevski, in: 5th Consultations on Heliophysics and Hydromagnetics, Potsdam, Geodet.-Geophys. Veröffent., B., 1968, p. 95.
7. Ф. А. Ермаков, Геомагн. и аэрном. **9**, 593 (1969).