

т. е. антенна — радиометр — регистрирующее устройство, был применен в качестве СВЧ термографа для измерений температурного контраста в области молочных желез, а также участков кожи здоровых и пораженных псориазом. По нашим измерениям температурная асимметрия на глубине ~ 1 мм участков кожного покрова над молочными железами в норме не превышает $0,1-0,2^\circ\text{C}$, тогда как в иных случаях эта величина достигает $\sim 1,5^\circ\text{C}$. Оказалось также, что участки кожи, пораженные псориазом, имеют температуру, на $1-2^\circ\text{C}$ превышающую температуру соседних и нормальных тканей, причем прибор достаточно четко фиксирует границы воспалительного процесса. Результаты подобных измерений могут быть использованы для исследования процесса нормализации кожного кровообращения при псориазе, различных дерматозах и т. д.

В заключение отметим широкие возможности радиометра на $\lambda \approx 5$ см не только при регистрации радиоизлучений биологических, но и радиоастрономических объектов.

Авторы признательны В. С. Троицкому за просмотр рукописи и сделанные при этом замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barrett A. H., Myers P. S.— Science, 1975, 190, № 4215, p. 662.
2. Троицкий В. С., Абрамов В. И., Белов И. Ф., Горбачев В. П., Густов А. В., Плечков В. М., Сизьмина Л. К.— Изв. вузов — Радиофизика, 1981, 24, № 1, с. 118.
3. Троицкий В. С.— Изв. вузов — Радиофизика, 1981, 24, № 9, с. 1054.

Научно-исследовательский
радиофизический институт

Поступила в редакцию
18 февраля 1982 г.

УДК 551.510.535

ОБ ИОНОСФЕРНЫХ И ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЯХ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ

Г. В. Федорович

Волновые возмущения (ВВ) электронной концентрации, плотности и температуры ионосферной плазмы, наряду с ветрами, дрейфами и приливными движениями, являются существенным компонентом динамической структуры ионосферы. Такие возмущения обнаруживаются при наблюдениях за ионосферой практически всеми методами — риометрическими [1], оптическими [2], радиометрическими [3], однако наиболее полные данные по ВВ получены методами радиозондирования ионосферы [4, 5].

Анализ совокупности данных по ВВ в ионосфере [6] позволил выделить отдельные крупномасштабные ВВ, сопровождающие интенсивные возмущения ионосферы во время полярных магнитных бурь, при взрывах, землетрясениях, извержениях вулканов и т. д. Эти ВВ прослеживаются [7] на расстояниях в тысячи километров вдоль земной поверхности и характеризуются скоростями распространения $1-3$ км/с [6, 8].

Рядом авторов отмечалась связь вариаций геомагнитного поля с возмущениями ионосферы в средних широтах (в полярных областях такая связь давно и хорошо изучена, см., например, [9]). Это было предсказано в работе [10] и, по-видимому, впервые было подтверждено экспериментально в [11]. Результаты систематического исследования корреляций между возмущениями ионосферы и геомагнитного поля приведены в работах [12, 13], где, однако, проводились только локальные измерения, так что они свидетельствуют лишь о синхронности колебаний ионосферы и геомагнитного поля, но не о волновом характере распространения геомагнитных вариаций. Последний вопрос для вариаций в средних широтах с периодами порядка десятков минут до настоящего времени не рассматривался.

Для выявления волнового характера распространения вариаций геомагнитного поля автором были проанализированы результаты, полученные на сети магнитометрических обсерваторий СССР. Рассматривался вопрос о синхронности вариаций, регистрируемых во время магнитных суббурь в различных точках на поверхности Земли. Анализ выявил наличие относительных запаздываний максимумов геомагнитных вариаций (как правило, H -компоненты) в большинстве анализируемых случаев. В качестве примера на рис. 1 приведены записи H -компоненты геомагнитного поля во время суббури, начавшейся 14.01.69 в ≈ 22 ч 00 мин УТ. Кривые a , b , v — записи полярных станций — Мурманск, Диксон, Уэлен соответственно. Видно, что максимальное возмущение наблюдалось в полуночном секторе (Мурманск, Диксон). В утреннем секторе (Уэлен) возмущение практически незаметно. Это дает основание судить о долготном распределении авроральных электронов.

Возмущения H -компоненты поля в средних широтах, в районе Москвы, Ашхабада и Тбилиси (кривые $г$, $д$, $е$ на рис 1) достигают максимума практически синхронно. Для Караганды и Ташкента (кривые $ж$ и $з$ на рис 1) заметно отставание на ≈ 10 мин. Это отставание увеличивается до ≈ 20 мин для Иркутска (кривая $и$ на рис 1) и до ≈ 30 мин для восточных станций Владивосток и Южно-Сахалинск (кривые $к$ и $л$ на рис. 1).

Суммарно расстояние $\approx 5 \cdot 10^3$ км (Урал — Дальний Восток) волна вариаций геомагнитного поля прошла за $\approx 2 \cdot 10^3$ с, что соответствует скорости распространения $\approx 2,5$ км/с. Аналогичные результаты были получены при анализе возмущений во время других магнитных бурь.

Для решения вопроса о связи вариаций геомагнитного поля с возмущениями ионосферы автором были проанализированы результаты ионосферного радиозондирования, полученные в тех же точках, что и записи магнитного поля. Анализировались

данные по временной зависимости ионосферных параметров f_0F_2 и f_{min} — наиболее устойчиво и стабильно регистрируемых. Поиск корреляции между изменениями f_0F_2 и вариациями геомагнитного поля не привел к положительным результатам. Это обстоятельство более или менее понятно, если учесть, что крупномасштабные ВВ в слое F распространяются со скоростью $\approx 1-1,5$ км/с [7], что хотя и превышает скорость звука на этих высотах, но меньше наблюдаемых значений скорости распространения вариаций геомагнитного поля. Лучшие результаты были получены при сопоставлении временных зависимостей D -компоненты возмущения поля и f_{min} . Результаты такого сопоставления для той же бури 14.01.69 приведены на рис. 2.

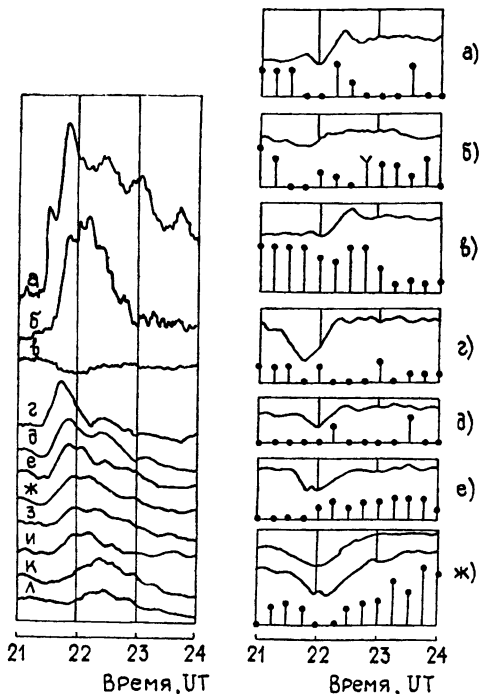


Рис 1.

Рис 2.

Видно, что уменьшение D -компоненты сопровождается уменьшением f_{min} , а увеличение D — увеличением f_{min} . Эти результаты наглядно демонстрируются данными станций Москва, Ашхабад, Тбилиси, Караганда и Хабаровск* (рис. 2а, б, в, г, ж соответственно). На станциях Ташкент и Иркутск (рис. 2д, е) совпадение не столь очевидно, но следует учитывать, что до 22 ч 15 мин в Ташкенте и до 22 ч 00 мин в Иркутске f_{min} не регистрировалась (точки на рис. 2д, е соответствуют нижней граничной частоте ионозонда 1 МГц), а как только D -компонента возрастала, росла и величина f_{min} . Аналогичные результаты были получены при анализе возмущений во время других магнитных бурь.

Обращают на себя внимание два обстоятельства. Во-первых, отсутствие обратной связи между D -вариациями и изменениями f_{min} : не всякое изменение f_{min} ведет к изменениям D -компоненты. Такой же вывод был сделан авторами [14] при изучении корреляций между короткопериодными вариациями геомагнитного поля (типа P_2) и ионосферных параметров (регистрируемых доплеровским методом). Это обстоятельство делает целесообразным при выявлении волновых движений ионосферы по изменениям f_{min} принимать во внимание поведение геомагнитного поля в исследуемом регионе (в противном случае возникают серьезные трудности при сопоставлении отдельных особенностей поведения $f_{min}(t)$ на различных станциях). Во-вторых, полученные результаты свидетельствуют о большей скорости распространения волн в ионосфере на высоте D - и E -слоев (в которых происходит поглощение радиоволн, определяющее зависимость f_{min} от времени) по сравнению со скоростью волн в F -слое. Последнее обстоятельство хорошо согласуется с результатами радиозондирования ионосферы после землетрясения на Аляске 28 03 64 г., приведенными в работе [13]. Первый сильный толчок произошел в 03 ч 36 мин (UT). Зондирование производилось в Адаке, на расстоянии $\approx 2 \cdot 10^3$ км от эпицентра. О высотной зависимости скорости распространения ВВ можно судить, сопоставляя ионограммы, полученные в 03 ч 45 мин и 03 ч 55 мин. На первой из них заметен сдвиг частоты f_0E до 2,6 МГц (по сравнению с 2,8 МГц до

* Ионосферные данные Хабаровска сопоставлялись с малоразличающимися магнитными данными Владивостока и Южно-Сахалинска.

землетрясения). Сдвиг частоты $f_0 F_2$ замечен только на второй ионограмме, когда возмущение нижних слоев привело к их заметному перемешиванию, так что отражение от них стало полностью хаотическим.

В заключение необходимо отметить, что в данной работе использовались материалы МДЦ-Б, сотрудникам которого автор выражает свою искреннюю благодарность

ЛИТЕРАТУРА

1. Sarmā S. B et al — J. Radio Space Phys, 1977, 6, № 3, p. 168
2. Krasovsky V. J et al. — Ann. Geophys, 1977, 33, № 3, p. 347.
3. Уэбб В. Л. Термосферная циркуляция — М: Мир, 1972
4. Волновые возмущения в ионосфере — Алма-Ата: Наука, 1975.
5. Волновые возмущения в атмосфере — Алма-Ата: Наука, 1980.
6. Francis S. H — J. Atm. Terr. Phys, 1975, 37, p. 1011.
7. Деминова Г. Ф., Юдович Л. А. — Геомагнетизм и аэрономия, 1980, 20, с. 742.
8. Засов Г. Ф. и др — Геомагнетизм и аэрономия, 1977, 17, с. 346
9. Анасофу С Полярные и магнитосферные суббури — М.: Мир, 1971.
10. Dieminger W. et al. — Hochfrequenttechnik und electroakustik, 1934, 44, p. 2.
11. Narang L. — Terr. magn. and electr., 1939, 44, p. 17.
12. Lewies T. J — Canad. J. Phys, 1967, 45, p. 1549.
13. Васильев К. Н. В сб: Исследования по проблемам солнечно-земной физики. — М.: Наука, 1975, с. 201.
14. Klostermeyer J, Rottger J. — Planet Space Sci., 1976, 24, p. 1065.
15. Leonard R S., Barnes R. Q. — J. Geoph. Res., 1965, 70, p. 1250.

Всесоюзный научно-исследовательский институт оптико-физических измерений

Поступила в редакцию
23 сентября 1981 г.

УДК 533.951

МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ МАГНИТОЗВУКОВЫХ ВОЛН ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ ПО ОТНОШЕНИЮ К МАГНИТНОМУ ПОЛЮ В ПЛОСКОМ ПЛАЗМЕННОМ ВОЛНОВОДЕ

В. П. Дворяковский, В. М. Қостычев, С. М. Файнштейн

Известно [1–3], что в плазменных волноводах самомодуляция и взаимодействие квазимонохроматических пакетов волн имеет ряд особенностей. В частности, из-за ограниченности системы появляется дисперсия для тех мод, у которых она отсутствовала в безграничной среде, и при выполнении критерия Лайтхилла возможна модуляционная неустойчивость. Впервые эта неустойчивость в плазменном волноводе для магнитозвуковых волн исследовалась в [2], причем анализировалось распространение волнового пакета вдоль магнитного поля, параллельного стенкам волновода. В данной работе обращается внимание на возможность возникновения самомодуляции волн поперек магнитного поля в плазменном волноводе, рассмотренном в [2]. Показано, что в указанной системе из-за кубичной нелинейности, связанной с газокинетическим давлением плазмы, выполнен критерий Лайтхилла, и происходит разбиение слабо-модулированной волны на пакеты. Приведены оценки для твердотельной плазмы.

Исходная безразмерная система МГД уравнений имеет вид *:

$$\begin{aligned} (\partial H_6 / \partial t_6) - \operatorname{rot} [\mathbf{v}_6 \mathbf{x}_0] &= \mu \operatorname{rot} [\mathbf{v}_6 \mathbf{H}_6], \\ (\partial \mathbf{v}_6 / \partial t) + [\mathbf{x}_0 \operatorname{rot} \mathbf{H}_6] + \alpha \nabla \rho_6 &= \mu \{ \rho_6 [\mathbf{x}_0 \operatorname{rot} \mathbf{H}_6] - [\mathbf{H}_6 \operatorname{rot} \mathbf{H}_6] + \\ + \alpha \rho_6 \nabla \rho_6 - (\mathbf{v}_6 \nabla) \mathbf{v}_6 + \rho_6 [\mathbf{H}_6 \operatorname{rot} \mathbf{H}_6] - \rho_6^2 [\mathbf{x}_0 \operatorname{rot} \mathbf{H}_6] - \alpha \rho_6^2 \nabla \rho_6 \}, \\ (\partial \rho_6 / \partial t_6) + \operatorname{div} \mathbf{v}_6 &= -\mu \operatorname{div} (\rho_6 \mathbf{v}_6), \end{aligned} \quad (1)$$

где \mathbf{x}_0 — орт вдоль оси Ox ($Ox \parallel \mathbf{H}_0$; \mathbf{H}_0 — постоянное магнитное поле, параллельное стенкам волновода), $\mathbf{H}_6 = \mathbf{H} / H_0$; $\mathbf{v}_6 = \frac{\mathbf{v}}{c_a}$; $\rho_6 = \rho / \rho_0$; $x_6, y_6, z_6 = \frac{x, y, z}{d}$, $t_6 = \frac{t c_a}{d}$;

$\alpha = \frac{c_s^2}{c_a^2}$ (c_a, c_s, ρ_0, d — соответственно альфвеновская скорость, скорость изотермического

* Индекс «б» в дальнейшем опускаем.