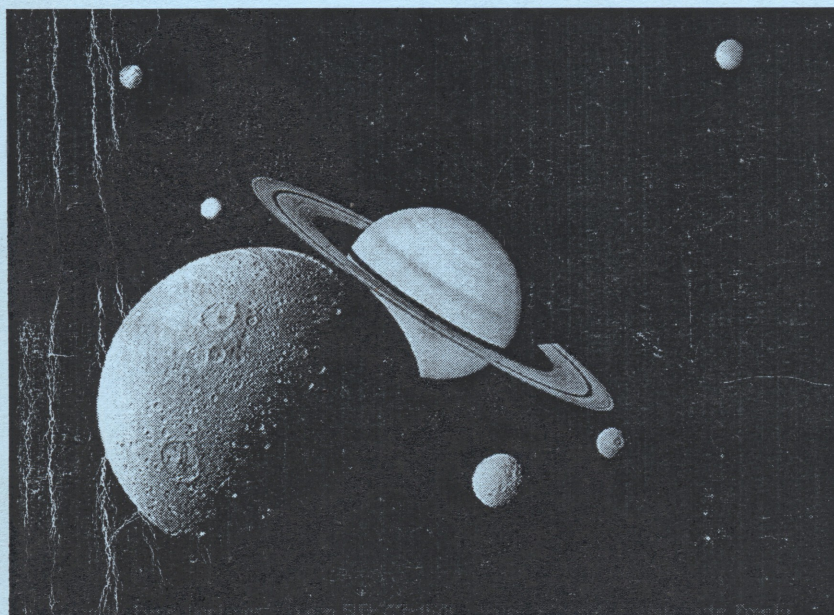


Міністерство освіти і науки України
Миколаївська астрономічна обсерваторія



**ЗАСТОСУВАННЯ ПЗЗ-МЕТОДІВ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТІЛ
СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ**

предшествующие только сильным землетрясениям, магнитуда которых $M > 6$. На высотах F2-слоя ионосферы ИПЗ носят квазиволновой характер, а на высотах D-слоя — квазистатический. При этом масштабы ионосферных возмущений над очагами подготовки землетрясений как квазиволновых, так и квазистатических лежат в пределах 1000 км.

Кроме того, было обнаружено, что вблизи очагов подготовки землетрясений, за несколько суток перед сильными румынским, калифорнийским и сахалинским землетрясениями, происходило существенное длительное уменьшение уровней сигналов СДВ и изменение помеховой обстановки в коротковолновом диапазоне радиочастот. Обнаруженные особенности позволяют создать достаточно простой и экономичный аппаратурно-программный исследовательский комплекс для краткосрочного прогноза сильных землетрясений.

В Николаевской астрономической обсерватории для этой цели на базе комплекса аппаратуры эталона времени и частоты была создана служба непрерывного контроля состояния ионосферы, основанная на методике наклонного зондирования ионосферы сигналами СДВ-навигационных радиостанций и станций служб точного времени и навигации. Комплект оборудования для контроля ионосферы был установлен также на метеостанции Южно-Украинской АЭС, где НАО проводит синхронный мониторинг ионосферы в рамках проекта "Предупреждение".

Литература

1. Электромагнитные предвестники землетрясений // Под ред. М.А. Садовского. — Наука, 1984.
2. Гуфельд И.Л., Маренко В.Ф., Пономарев Е.А., Ямпольский В.С. Исследование D-области ионосферы методом наклонного зондирования на сверхдлинных волнах // Поиск электромагнитных предвестников землетрясений: Сб. — М.: ИФЗ, 1988.

* * *

Бушуев Ф.И. Николаевская астрономическая обсерватория
Сливинский А.П. Украинский радиотехнический институт

МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В РЕНТГЕНОВСКОЙ И ГАММА ОБЛАСТЯХ СПЕКТРА С ПОМОЩЬЮ НАЗЕМНЫХ РАДИОСРЕДСТВ

Как известно, концентрация ионов и электронов плазмы в нижних слоях ионосферы (D-слой, высоты 30...80 км) существенно зависит от рентгеновского потока излучения Солнца. Например, в спокойных условиях величина этого потока, согласно спутниковым измерениям в диапазоне 2...8 А, составляет $E-05...E-06$ Вт/м². При импульсных выбросах солнечной плазмы величина солнечного рентгеновского потока может кратковременно (от десятков минут до нескольких часов) увеличиться на несколько по-

рядков, вызывая существенную дополнительную ионизацию в плотных слоях атмосферы Земли, на уровне высот D-слоя ионосферы. При прохождении солнечных рентгеновских вспышек (СРВ) широко известны [1] эффекты возмущения сигнальной информации сверхдлинноволновых (СДВ) фазовых радионавигационных систем типа "Омега", "Лоран-С" и станций единого времени (СЕВ), поскольку распространение радиоволн от СДВ-передатчиков к потребителям происходит в волноводном канале Земля - D-слой ионосферы. Так как мировая сеть СДВ-радиостанций работает круглосуточно, с высокой стабильностью частоты передатчиков, то такие СДВ-радиостанции представляют удобную систему реперных станций, по возмущениям сигнальной информации которых можно в условиях наземной службы успешно отслеживать динамику активности Солнца в рентгеновском участке спектра.

На комплексе аппаратуры вторичного эталона времени и частоты Николаевской астрономической обсерватории, в режиме круглосуточного дежурства, регистрируются такие характеристики, как амплитуда и фаза сигналов СЕВ. Текущие значения регистрируемых характеристик сигналов выводятся на ленты самописцев.

По особенностям внезапных изменений характеристик сигналов для

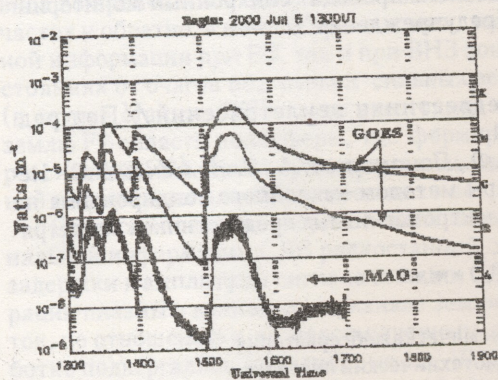


Рис.1.

дневного участка радиотрассы визуально селектировались возмущения, обусловленные СРВ, одна из типичных реализаций которых приведена на рис 1.

Здесь: в нижней части рисунка — реализация амплитуды сигнала СДВ-радиостанции DCF-77 (Майнфлинген, Германия, с частотой излучения 77.5 КГц), в верхней части рисунка для сравнения приведены синхронные данные рентгеновского детектора спутника GOES.

Ввиду того, что процесс распространения радиосигнала в волноводном канале "земля-ионосфера" характеризуется многомодовостью и в точке приема представляет собой результат интерференции различных мод, наблюдается нелинейность логарифмического характера в оценке интенсивности вспышек, что следует учитывать, используя для калибровки спутниковые данные. Оперативность и относительная простота регистрирующих наземных устройств позволяет для ряда задач успешно применять данный метод. При этом наиболее простым и экономичным является метод контроля амплитуды сигналов станций в СДВ-диапазоне.

В качестве иллюстрации в табл. 1 приведены данные для сравнитель-

ного анализа событий за период с октября по декабрь 1998 года. Здесь в левой части таблицы I приведены данные, полученные со спутника GOES, а в правой части таблицы – данные полученные по визуальной селекции особенностей сигнальной информации СДВ радиостанции DCF-77 на самописцах. Здесь в последней колонке приводятся изменения амплитуд сигналов, где в качестве единицы масштаба принято одно вертикальное деление сетки, нанесенной на рулоне ленты, используемой в самописце.

Таблица I.

данные дата	GOES			класс	данные НАО по ВВИ I [Вт/м ²]	данные НАО по ВВИ			изм. ампл.
	t _o	t _к	t _{max}			t _o	t _к	t _{max}	
981007	0853	0923	0919	B 97	1.2E-03	0905	0925	0912	0.5
981007	1036	1051	1044	C 32	1.6E-03	1036	1051	1045	0.5
981010	0739	0750	0744	B 66	3.7E-04	0743	0753	0745	4.0
981010	1139	1153	1146	C 24	1.5E-03	1144	1154	1146	5.5
981010	1311	1323	1318	C 79	3.2E-03	1310	1325	1319	3.0
981012	1043	1124	1105	C 22	4.1E-03	1043	1320	1306	4.0
981016	0822	0926	0846	C 11	3.5E-03	0820	0927	0842	4.0
981019	1218	1241	1231	C 71	5.8E-03	1220	1240	1228	5.0
981028	1313	1324	1319	C 23	1.1E-03	1315	1324	1318	2.0
981029						1208	1228	1209	2.0
981102	1355	1433	1409	C 44	8.5E-03	1401	1420	1409	0.7
981104	0713	0731	0719	C 16	1.3E-03	0720	0740	0721	1.5
981104	0849	0913	0903	C 17	2.0E-03	0850	0915	0903	1.0
981105	0801	0808	0806	C 25	6.1E-04	0805	0815	0806	2.0
981105	0953	1001	0959	C 20	6.2E-04	0950	0959	0951	2.0
981105	1133	1152	1138	C 28	2.1E-03	1135	1145	1136	1.5
981105	1330	1339	1336	M 15	3.9E-03	1335	1340	1337	2.0
981106	0907	0915	0911	C 42	1.4E-03	0905	0920	0909	2.0
981106	1105	1112	1110	C 23	6.3E-04	1105	1110	1106	2.0
981107	1102	1109	1106	M 24	4.9E-03	1105	1110	1106	8.0
981111	0950	0959	0955	C 42	1.5E-03	0955	0959	0956	4.0
981111	1010	1024	1016	M 11	6.4E-03	1010	1016	1015	6.0
981123	1028	1046	1040	C 38	3.6E-03	1030	1046	1040	2.0
981123	1059	1140	1121	M 31	5.2E-02	1105	1140	1121	6.0
981124	0848	0855	0851	C 34	1.3E-03	0850	0855	0851	1.0
981125	1317	1328	1323	C 45	2.1E-03	1320	1328	1322	1.0
981125	1358	1408	1403	C 64	2.6E-03	1400	1408	1403	3.0
981126	1026	1046	1039	C 40	3.3E-03	1026	1040	1035	2.5
981126	1319	1339	1328	C 16	1.7E-03	1320	1339	1328	1.0
981127	0721	0757	0743	M 16	2.4E-02	0725	0730	0726	3.5
981127	1048	1103	1056	C 26	1.9E-03	1050	1102	1055	2.0
981130	1012	1020	1016	C 37	1.3E-03	1016	1025	1020	3.0
981130	1114	1156	1123	C 36	7.4E-03	1120	1150	1125	4.0
981217	0740	0749	0745	M 32	9.1E-03	0745	0750	0747	3.0
981218	1247	1254	1252	C 29	6.7E-04	1248	1255	1250	1.0
981220	0849	0903	0900	M 18	6.2E-03	0855	0920	0902	6.0
981220	1234	1243	1238	C 22	1.0E-03	1236	1243	1240	1.5

981223	0813	0821	0816	M 11	5.0E-03	0816	0820	0818	4.0
981223						1045	1050	1047	3.0
981223	1157	1213	1206	C 50	3.8E-03	1200	1213	1206	6.0
981224	1129	1214	1145	M 17	3.0E-02	1130	1215	1145	3.0
981226	0919	0955	0934	C 29	5.2E-03	0920	0955	0934	6.0
981227	0552	0608	0559	C 22	1.7E-03	0606	0615	0608	3.5
981227	0703	0715	0708	C 22	1.3E-03	0703	0720	0704	4.0
981227	0915	0927	0921	C 23	1.5E-03	0918	0935	0908	3.0
981228	0841	0847	0845	C 25	7.5E-04	0845	0855	0847	2.0
981228	1102	1108	1106	C 28	7.0E-04	1105	1115	1107	3.0
981228	1152	1208	1200	C 57	4.3E-03	1155	1208	1200	6.0
981228	1305	1313	1310	C 23	8.1E-04	1310	1320	1311	1.0
981229	0739	0750	0744	C 26	1.4E-03	0720	0750	0744	2.0
981229	0923	0953	0941	C 51	6.7E-03	0920	0953	0940	8.0
981230	1214	1232	1224	C 30	2.4E-03	1415	1432	1424	7.0
981231	0717	0725	0720	C 41	1.5E-03	0720	0725	0721	4.0
981231	0836	0843	0839	C 23	8.8E-04	0836	0842	0840	2.0
981231	0906	0922	0911	C 22	2.0E-03	0910	0926	0912	3.0
981231	1036	1051	1041	C 19	1.4E-03	1040	1052	1041	2.5

Здесь t_0 — момент начала, t_k — момент окончания и t_{max} — момент наступления максимального значения рентгеновского потока излучения I , класс — символика, отображающая яркость вспышки в терминах обозначений космических данных.

Согласно данным, представленным в табл. 1, следует, что для дневного времени суток на избранной радиотрассе параметры событий, выделенных по особенностям сигнальной информации СДВ-радиостанций, тождественны параметрам событий определяемых по спутниковым данным. При этом для не самого оптимального используемого типа антенной системы приемного устройства нижняя оценка уверенного выделения величины солнечного рентгеновского потока составила - $E-03$ Вт/м². В силу этого обстоятельства в табл. 1 не вошли порядка ста событий с уровнями рентгеновского потока ниже указанной чувствительности метода, а также четыре события M и X классов, времена прохождения которых пришлось на периоды отключений питания аппаратуры. Кроме того, в двух случаях, аномалии, зафиксированные в НАО, не были зафиксированы на спутнике и, вероятно, имели либо локальный характер, либо явились результатом возможного захода спутника в тень Земли.

Так как достаточно мощные солнечные гамма-всплески могли производить возмущения, аналогичные по характеристикам сигналов, производимых солнечными рентгеновскими вспышками, то дополнительно были привлечены данные спутника BATSE по солнечным гамма-всплескам. В табл. 2, в качестве иллюстрации, на периоде времени октябрь-ноябрь, для удобства анализа приводятся данные НАО по ВВИ совместно с данными GOES по солнечным гамма и рентгеновским вспышкам.

Таблица 2.

Данные GOES и BATSE солнечные рентгеновские вспышки				Данные НАО солнечные гамма-всплески по ВВИ					
дата	t_0	t_k	t_{max}	I [Вт/м ²]	t_0	t_k	t_0	t_k	t_{max}
981007	0853	0923	0919	1.2E-03	0916:55	0917:22	0905	0925	0912
981007	1036	1051	1044	1.6E-03			1036	1051	1045
981010	0739	0750	0744	3.7E-04			0743	0753	0745
981010	1139	1153	1146	1.5E-03	1141:13	1141:50	1144	1154	1146
981010	1311	1323	1318	3.2E-03	1313:29	1317:52	1310	1325	1319
981012	1043	1124	1105	4.1E-03			1043	1320	1306
981016	0822	0926	0846	3.5E-03			0820	0927	0842
981019	1218	1241	1231	5.8E-03			1220	1240	1228
981028	1313	1324	1319	1.1E-03	1314:59	1315:45	1315	1324	1318
981029							1208	1228	1209
981102	1355	1433	1409	8.5E-03			1401	1420	1409
981104	0713	0731	0719	1.3E-03	0728:02	0728:30	0720	0740	0721
981104	0849	0913	0903	2.0E-03			0850	0915	0903
981105	0801	0808	0806	6.1E-04			0805	0815	0806
981105	0953	1001	0959	6.2E-04			0950	0959	0951
981105	1133	1152	1138	2.1E-03	1145:22	1149:01	1135	1145	1136
981105	1330	1339	1336	3.9E-03	1333:43	1335:12	1335	1340	1337
981106	0907	0915	0911	1.4E-03	0908:18	0909:55	0905	0920	0909
981106	1105	1112	1110	6.3E-04			1105	1110	1106
981107	1102	1109	1106	4.9E-03	1104:10	1105:56	1105	1110	1106
981111	0950	0959	0955	1.5E-03			0955	0959	0956
981111	1010	1024	1016	6.4E-03	1012:06	1012:59	1010	1016	1015
981123	1028	1046	1040	3.6E-03			1030	1046	1040
981123	1059	1140	1121	5.2E-02	1059:58	1101:31	1105	1140	1121
981124	0848	0855	0851	1.3E-03			0850	0855	0851
981125	1317	1328	1323	2.1E-03	1319:00	1321:39	1320	1328	1322
981125	1358	1408	1403	2.6E-03			1400	1408	1403
981126	1026	1046	1039	3.3E-03			1026	1040	1035
981126	1319	1339	1328	1.7E-03			1320	1339	1328
981127	0721	0757	0743	2.4E-02	0731:30	0737:16	0725	0730	0726
981127	1048	1103	1056	1.9E-03			1050	1102	1055
981130	1012	1020	1016	1.3E-03	1014:13	1015:49	1016	1025	1020
981130	1114	1156	1123	7.4E-03	1118:42	1119:01	1120	1150	1125

Согласно данным, представленным в табл. 2, следует, что солнечные рентгеновские вспышки достаточно часто одновременно сопровождаются более скоротечными солнечными гамма-всплесками. В указанных случаях по анализируемой сигнальной информации СДВ-радиостанций представляется затруднительным разделить эффекты воздействия на ионосферу гамма или рентгеновских импульсов Солнца. В то же время в силу скоротечности процессов гамма-всплесков можно надеяться, что при тщательном анализе удастся селективно присутствия либо отсутствия гамма-всплеска, сопровождающего СРВ по крутизне фронта возмущения сигнальной информации.

В силу глобальности эффекта воздействия СРВ на освещаемую сторону Земли, по глубине и градиенту отклонений амплитуд и фаз сигналов

ФРНС от их регулярных изменений, для различных азимутальных ориентаций используемых радиотрасс, возможны оценки таких параметров солнечных рентгеновских вспышек, как: время начала, окончания и пороговая плотность потока. Поскольку правила селекции возмущений сигнальной информации СДВ радиостанций, обусловленных СРВ, достаточно просты, то это обстоятельство указывает на возможность создания в наземных условиях эксплуатации экономичной, автоматизированной системы для регистрации прохождений СРВ в текущем времени, в дневное время суток.

Сеть из четырех таких автоматизированных приемных систем, равномерно располагаемых вдоль низкоширотной параллели, позволит регистрировать круглосуточные прохождения СРВ. А возможность оптимизации антенных систем представляет резерв для существенного уменьшения нижней оценки величины уверенного выделения солнечного рентгеновского потока.

Таким образом, предлагаемый метод в силу практически безинерционного характера отклика реакции нижней ионосферы на внезапное увеличение рентгеновского потока излучения Солнца представляется удобным для отслеживания таких событий в режиме текущего времени и создания соответствующей наземной службы для автоматизированной регистрации подобных возмущений.

Данные, получаемые такой системой, могут успешно использоваться в процессе эксплуатации экологически небезопасных промышленных и энергогенерирующих объектов, в научных исследованиях, медицинских учреждениях, ГАИ, УВД и др., в качестве текущего прогноза сильных возмущений магнитного поля Земли, обусловленных следующими за СРВ потоками солнечных корпускул, внедряющихся в магнитосферу и в ионосферу Земли и отработки соответствующих адаптивных мер.

Литература

1. Митра А. Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. — М.: Мир, 1977.

* * *

Бушуев Ф.И., Николаевская астрономическая обсерватория
Кубова Р.М., Сливинский А.П. Украинский радиотехнический институт

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА КОМФОРТНОСТИ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО НАБЛЮДЕНИЮ ВНЕЗАПНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ

В силу глобальности эффекта воздействия солнечных рентгеновских импульсов на освещаемую сторону Земли, определяющих степень концентрации плазмы нижнего слоя ионосферы [1], правила селекции связанных с ними внезапных возмущений ионосферы (ВВИ) по сигнальной информации сверхдлинноволновых (СДВ) радиостанций достаточно просты. Кроме