

ISSN 1607–2855

Том 4 · № 2 · 2003 С. 28–32

УДК 550.388.2

Влияние метеорологических условий на качество радиоастрономических наблюдений в декаметровом диапазоне волн

О.А. Литвиненко, С.А. Подольский

Обсерватория УРАН-4 Радиоастрономического института НАН Украины, Одесса

Рассмотрено влияние тропосферных факторов, таких как фронтальная деятельность, различные погодные и циркуляционные условия, на качество радиоастрономических наблюдений в декаметровом диапазоне волн. Полученные результаты подтверждают предположение о влиянии метеорологических процессов в нижней тропосфере на локальные состояния ионосферы. Отмечена возможность использования метеорологических прогнозов для повышения эффективности планируемых радиоастрономических наблюдений.

ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ЯКІСТЬ РАДІОАСТРОНОМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ В ДЕКАМЕТРОВМУ ДІАПАЗОНІ ХВИЛЬ, Литвиненко О.А., Подольський С.А. — Розглянуто вплив тропосферних факторів, таких як фронтальна діяльність, різні погодні і циркуляційні умови, на якість радіоастрономічних спостережень у декаметровому діапазоні хвиль. Отримані результати підтверджують припущення про вплив метеорологічних процесів у нижній тропосфері на локальний стан іоносфери. Відзначено можливість використання метеорологічних прогнозів для підвищення ефективності планованих радіоастрономічних спостережень.

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON QUALITY OF RADIO-ASTRONOMICAL OBSERVATIONS IN THE DECAMETER WAVE BAND, by Litvinenko O.A., Podolskiy S.A. — The influence of tropospheric factors such as frontal activity, various weather and circulating conditions on quality of HF radio-astronomical observations is considered. The results received confirm the assumption of the influence of meteorological processes in the lower troposphere on a local condition of an ionosphere. The possibility of use of the meteorological forecasts for improvement of the planned radio-astronomical observations is shown.

Наибольшее влияние на распространение радиоволн декаметрового диапазона оказывает ионосфера. Состояние ионосферы в значительной мере определяет качество получаемых при проведении радиоастрономических наблюдений данных. Поглощение радиоволн, рассеяние на неоднородностях, рефракция — вот основные ионосферные эффекты, влияющие на результаты наблюдений. Состояние ионосферы определяется влиянием ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, космическими лучами, высыпанием частиц из радиационных поясов Земли, геомагнитным полем.

Взаимодействие различных физических процессов, и различных частей атмосферы, делают невозможным оценку состояния ионосферы только на основе данных о солнечной или геомагнитной активности. В частности, это иллюстрируют результаты исследования ионосферных мерцаний космических радиоисточников, проводившиеся в течение ряда лет в Обсерватории «УРАН-4», Радиоастрономического института НАНУ. Так, например, зависимость характеристик мерцаний от солнечной активности, проявляющаяся при интервалах усреднения составляющих несколько месяцев, становится малозаметной, если используются интервалы усреднения меньше месяца [1]. Коэффициенты корреляции индексов мерцаний: с числами Вольфа — 0.11...0.48; с потоком радиоизлучения на волне 10 см — 0.1...0.62; с геомагнитным индексом A_p — 0.17...0.69; с индексом K_p — 0.33...0.42. Полученные результаты позволили предположить, что текущие значения характеристик мерцаний в значительной мере контролируются факторами, не связанными непосредственно с геомагнитной активностью и уровнем солнечной активности.

Кроме воздействия на ионосферу «сверху», давно отмечены эффекты, связанные с воздействием «снизу». Это сейсмоионосферные эффекты, воздействие на ионосферу мощных наземных взрывов, запусков космических кораблей, техногенных катастроф [2–4]. К этой же категории относятся тропосферные процессы, роль которых в настоящее время недостаточно изучена.

Влияние погоды на ионосферу было замечено ещё в первой половине XX столетия [5–7]. Высказывались предположения о влиянии электрических процессов в кучево-дождевых облаках или при грозовой деятельности на процессы ионизации в Е-слое ионосферы. Полученные результаты часто носили противоречивый характер [8]. Исследование этой проблемы вновь активизировалось в последние десятилетия [9–11]. Важную роль в решении названной задачи играют методы дистанционного ионосферного зондирования. Одним из них является радиоастрономический метод. Он основан на измерении искажений сигналов космических радиоисточников, вызванных прохождением радиоволн через ионосферу. Применение этого метода для изучения тропосферно-ионосферных связей начато в 1998 г. в Обсерватории «УРАН-4» [12].

В результате взаимодействия Обсерватории «УРАН-4» с кафедрой теоретической метеорологии и метеорологических прогнозов ОГЭКУ, были выполнены исследования влияния тропосферных процессов, таких как фронтальная деятельность, различные погодные и циркуляционные условия, на качество наблюдательного радиоастрономического материала, полученного в декаметровом диапазоне волн. В исследованиях использовались метеорологические данные и результаты многолетних наблюдений компактных космических радиоисточников, проводившихся в Одесской обсерватории РИ НАНУ на радиотелескопе УРАН-4.

Проведенные исследования выявили влияние тропосферных фронтов на состояние ионосферы. На рис.1 показана зависимость индекса искажения сигналов компактных космических радиоисточников в декаметровом диапазоне волн (D_m) от времени до и после прохождения тропосферного фронта через подионосферную область (T_mF). Параметр D_m представляет собой среднеквадратическое отклонение сигнала на выходе радиометра, относительно «идеального» сигнала, свободного от ионосферных искажений. Для вычисления последнего используются данные о диаграмме направленности антенны радиотелескопа. Характер отклика ионосферы на прохождение тропосферного фронта позволяет предположить, что виды циркуляции, направление переноса воздушных масс, виды барических образований и метеорологические явления в районе наблюдений, могут играть самостоятельную роль в тропосферно-ионосферных связях. В этой работе предпринята попытка обнаружить такие связи.

Для анализа были привлечены данные наблюдений радиоисточника 3C144 на частотах 25

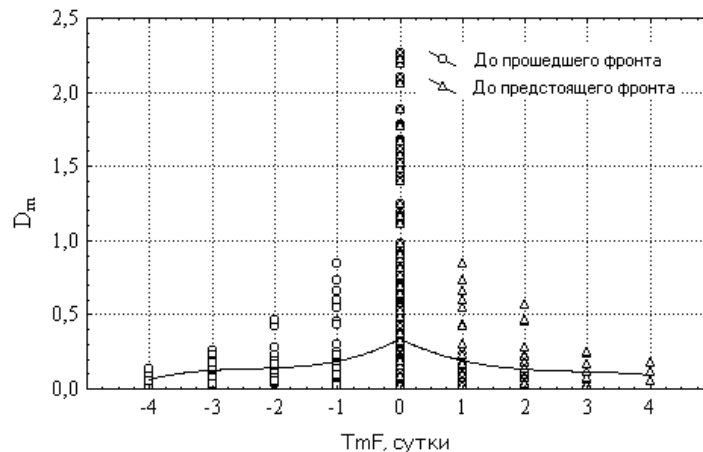


Рис. 1. Зависимость индекса искажения принимаемых радиосигналов (D_m) от времени до и после прохождения ближайшего тропосферного фронта через подионосферную область (T_mF)

и 20 МГц. Наблюдения проводились на радиотелескопе УРАН-4 (Одесская область) в период 1998–2001 гг. После предварительной обработки была получена выборка объемом около 540 среднесуточных значений качества записи. Этот параметр учитывает искажения сигнала в ионосфере. Для поиска зависимости между состоянием тропосферы и качеством принимаемого радиосигнала обработаны приземные синоптические карты и дневники погоды, за сроки, в которые производились радиоастрономические наблюдения. Обработка приземных синоптических карт включала в себя запись характера циркуляционных условий в районе наблюдений. Обработка дневников погоды включала в себя запись различных явлений погоды.

При анализе метеорологических данных использовались две классификации: по типу циркуляционных условий и по погодным явлениям.

В соответствие с климатической типизацией для юга Украины [13], выделено 13 типов циркуляционных условий, включающих виды циркуляции, направления переноса воздушных масс и виды барических образований над районом: 1) западный и северо-западный перенос; 2) восточный перенос; 3) южный перенос; 4) южные циклоны; 5) черноморская депрессия; 6) перемещение ложбин с запада; 7) антициклоны; 8) гребни, ориентированные с запада; 9) гребни, ориентированные с востока; 10) малоградиентное поле давления; 11) северный перенос; 12) ныряющие циклоны с

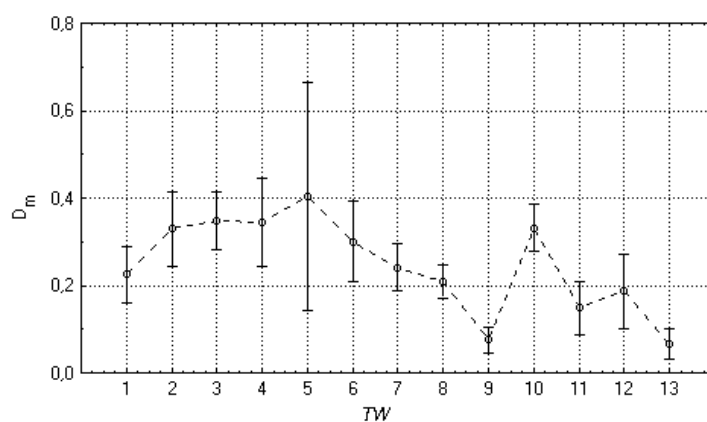


Рис. 2. Зависимость среднего значения индекса искажений принимаемых радиосигналов (D_m) от типа атмосферной циркуляции (TW)

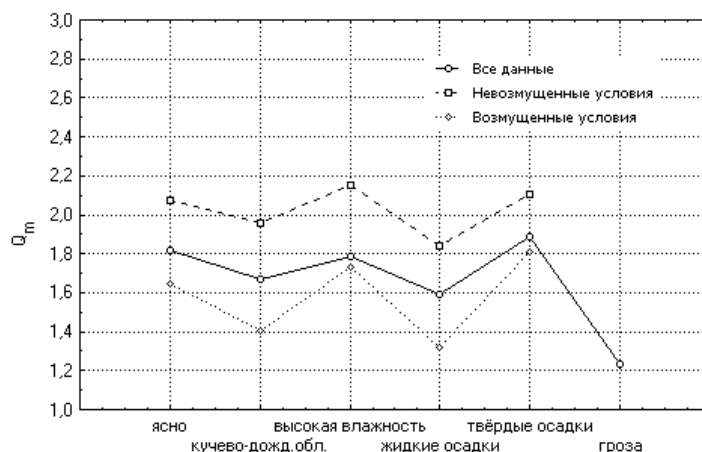


Рис. 3. Зависимость среднего значения качества радиоастрономического наблюдательного материала (Q_m) от типа погодных явлений (TY).

северо-восточным переносом; 13) ложбины с востока.

При обработке дневников погоды выделено 60 различных явлений погоды и их комбинаций. Эти явления и их комбинации объединены в 6 групп, которые использовались для классификации метеорологических данных по типам погодных явлений: 1) ясно (отсутствие явлений, таких как: развитие кучево-дождевой облачности, высокая влажность воздуха, выпадение осадков в жидкой и твёрдой фазе, грозовая деятельность); 2) присутствие кучево-дождевой облачности; 3) высокая влажность воздуха; 4) жидкие осадки (дождь, ливень); 5) твёрдые осадки (снег, ливневой снег); 6) грозы.

В результате обработки метеорологических данных, для каждой даты радиоастрономических наблюдений определен тип погодных условий и тип погодных явлений в соответствии с приведенной выше классификацией. Данные радиоастрономических наблюдений и метеорологические данные о типах погодных условий и типах явлений погоды подверглись временной синхронизации — сопоставлению радиоастрономическим данным ближайших по времени метеорологических данных. Выполнена совместная статистическая обработка синхронизированных данных.

На рис.2 представлена зависимость среднего значения индекса искажений принимаемого сигнала (D_m) от типа циркуляции (TW). На оси абсцисс отложен порядковый номер типа циркуляции атмосферы, на оси ординат — среднее значение индекса искажений. Наблюдается небольшое ухудшение качества сигнала при южном и восточном переносе, южных циклонах, при перемещении черноморской депрессии — средний индекс искажений $D_m = 0,35...0.4$ и улучшение качества сигнала при гребнях и ложбинах, ориентированных с востока — средний индекс искажений $D_m = 0.07$ и 0.06 соответственно.

Для анализа влияния погодных условий на качество наблюдательного материала введен параметр, характеризующий качество полученных записей космических источников (Q_m). Он, в отличие D_m , учитывает также отрицательное действие радиопомех. Диапазон изменения этого параметра от 3 (отличное качество) до 1 (неудовлетворительное качество). На рис.3 изображена зависимость среднего значения Q_m от типа погодных явлений. Три кривых соответствуют трем группам использованных данных: 1 — результат получен для всей выборки; 2 — выборка включает только возмущенные периоды (когда вариации характеристик принимаемого сигнала в течение не менее одного месяца имеют низкое значение); 3 — выборка включает только возмущенные периоды. В связи с относительно небольшим числом гроз, для этого параметра выделение возмущенных и невозмущенных условий не проводилось.

Из рисунка видно, что наилучшее качество наблюдательного материала относится к невозмущенным периодам, а наихудшее — к возмущенным. Вместе с тем, для всех трех случаев просматривается зависимость среднего значения качества записей космических источников от типа погодных явлений. Сильное ухудшение качества наблюдательного материала в декаметровом диапазоне волн происходит при наличии гроз. Этот эффект, нельзя объяснить только увеличением импульсных помех. Возможно, имеет место ионосферный эффект, подобный отмеченному в [11], приводящий к искажениям принимаемых сигналов. Подтверждением этого является понижение качества при кучево-дождевой облачности и жидких осадках, т.е. при явлениях, сопутствующих грозовой деятельности.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о влиянии метеорологических процессов в нижней тропосфере на локальное состояние ионосферы, проявлением чего является изменение качества наблюдательного радиоастрономического материала. А это, в свою очередь, позволяет говорить о возможности использования метеорологических прогнозов для повышения эффективности планируемых радиоастрономических наблюдений в декаметровом диапазоне волн.

1. Литвиненко О.А., Панишко С.К. Исследование мерцаний космических источников на неоднородностях ионосферы в декаметровом радиодиапазоне // Геомагнетизм и аэрономия. — 2000. — 40, № 4. — С. 116–117.

2. *Гвишвили Г.В., Мигулин В.В., Фомичев В.В.* Метод многочастотного радиопросвечивания ионосферы как средство индикации литосферно-ионосферных возмущений в реальном времени // Сб. «Краткосрочный прогноз катастрофических землетрясений с помощью радиофизических наземно-космических методов». Доклады Всероссийской конференции, Москва, ОИФЗ РАН, 2–3 октября 1997 г. — Москва, 1998. — С. 109–114.
3. *Гайворонская Т.В., Пулинец С.А.* Анализ изменчивости слоя F2 в районах сейсмической активности: Препринт ИЗМИРАН; №2 (1145). — М., 2002. — 20 с.
4. *Литвиненко О.А., Шубова Р.С.* Модификация нижней ионосферы в период Чернобыльской аварии // Геомагнетизм и аэрономия. — 1998. — **38**, № 5. — С. 100–108.
5. *Mumra С.К.* Верхняя атмосфера. — М: Изд. иностр. лит., 1955. — 639 с.
6. *Mihran T.G.* A Note on a New Ionospheric Meteorological Correlation // Proc. IRE. — 1948. — **36**. — P. 1093.
7. *Cherzi E.* Ionosphere and Weather // Nature. — 1950. — **165**. — P. 38.
8. *Альперт Я.Л.* Распространение электромагнитных волн и ионосфера. — М.: Наука, 1972. — 564 с.
9. *Гдалевич Г.Л., Губский В.Ф., Ижовкина Н.И., Озеров В.Д.* Крупномасштабные атмосферные возмущения и плазменные неоднородности в верхней ионосфере. // Геомагнетизм и аэрономия. — 2002. — **42**. № 2. — С. 257–264.
10. *Sauli P., Boska J.* Tropospheric events and related gravity waves activity effects on the ionosphere // IUGG 1999 SYMPOSIA Birmingham. Abstracts. JSA20/E/21, P. A101.
11. *Kim V., Hegai V.* Perturbation of electron density distribution in the daytime Mid-latitude F2 region ionosphere associated with a giant thundercloud // IUGG 1999 SYMPOSIA Birmingham. Abstracts. JSA20/W/08, P. A109.
12. *Litvinenko O.A., Kravetz R.O., Panishko S.K.* Research of tropospheric fronts and interior gravity waves influence on ionospheric irregularities behaviour // IUGG 1999 SYMPOSIA Birmingham. Abstracts. JSA20/E/11, P. A109.
13. Климат Одессы / Под ред. Л.К.Смекаловой, Ш.А.Швер. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 174 с.

Поступила в редакцию 1.06.2003