

Поляризация дрейфующих пар в декаметровом диапазоне

А. И. Браженко, В. Н. Мельник¹, А. А. Коноваленко¹, Э. П. Абранин¹,
В. В. Доровский¹, Р. В. Ващишин, А. В. Французенко, Х. О. Рукер², А. Лекашо³

*Полтавская гравиметрическая обсерватория Института геофизики НАНУ,
ул. Мясоедова, 27/29, г. Полтава, 36029, Украина
E-mail: brazhai@gmail.com, vrv.uran2@gmail.com, rt.uran2@gmail.com*

*¹Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: melnik@ri.kharkov.ua, akonov@ri.kharkov.ua, abranin@ri.kharkov.ua, dorovsky@ri.kharkov.ua*

*²Институт космических исследований, Грац, Австрия
E-mail: helmut.rucker@oeaw.ac.at*

*³Парижская обсерватория, Медон, Франция
E-mail: alain.lecacheux@obspm.fr*

Представлены результаты исследований поляризации солнечных всплесков типа дрейфующие пары (ДП), зарегистрированных в течение бури всплесков III типа 12–18 июля 2002 г. Наблюдения проводились на радиотелескопе УРАН-2. Проанализировано около трехсот ДП. Обнаружено, что поляризация ДП зависит от положения на диске Солнца связанной с этими всплесками активной области. Средняя степень поляризации как “прямых”, так и “обратных” ДП составляет ~30 %. Исследование временной структуры степени поляризации показало существенные различия для “прямых” и “обратных” ДП.

Введение

Солнечные всплески типа “дрейфующие пары” (ДП) впервые выделил в отдельный класс событий Робертс в 1958 г. [1]. Эти всплески наблюдаются только в метровом и декаметровом диапазонах волн (на частотах ниже 70 МГц) во время мощных солнечных шумовых бурь. ДП обычно состоит из двух разделенных во времени сравнительно коротких всплесков (элементов ДП), дрейфующих по частоте с характерными скоростями $2\div 8$ МГц/с от низких частот к высоким – так называемые “обратные дрейфующие пары” (ОДП), и от высоких частот к низким – “прямые дрейфующие пары” (ПДП). При этом скорости дрейфа элементов пары примерно равны. Особенностью ДП является постоянство временной задержки второго элемента ДП относительно первого, которая находится в пределах $1\div 2$ с и не зависит от частоты.

Если спектральные и временные особенности ДП хорошо изучены [2-4], то в отношении поляризационных характеристик этого сказать нельзя. По данным, приведенным в работах [2, 3], степень поляризации компонентов ДП незначительна. В то время как в работах [5, 6] сообщается о поляризации ДП ~50 %. При такой неопределенности в значении степени поляризации дрейфующих пар затруднительно построить корректную модель механизма генерации этих всплесков.

С целью изучения максимально возможного набора характеристик излучения всплесков типа ДП были проведены наблюдения с помощью двух крупнейших в мире декаметровых инструментов. Это радиотелескоп УТР-2, оснащенный в настоящее время регистрирующей

аппаратурой с высоким временным и частотным разрешением (60-канальным спектрометром и цифровым спектрометром), а также радиотелескоп УРАН-2, на базе которого создан радиополяриметр декаметрового диапазона волн [7, 8].

В представленной работе приведены результаты исследования поляризационных характеристик солнечных всплесков типа ДП, которые были получены во время наблюдательной кампании в июле 2002 г.

Наблюдения и результаты

Радиотелескоп УРАН-2 расположен вблизи г. Полтавы (координаты: $49^{\circ}37'49''$ с. ш., $34^{\circ}49'34''$ в. д.) и входит в глобальную всеукраинскую радиоинтерферометрическую систему УРАН.

Антенна радиотелескопа состоит из 512 турникетных излучателей, ориентированных под углом $\pm 45^{\circ}$ к меридиану. На частоте 25 МГц ширина луча диаграммы направленности антенны составляет $3.5^{\circ} \times 7^{\circ}$ по параллели и меридиану соответственно. Большая площадь ($\sim 28000 \text{ м}^2$) и возможность приема двух линейных (круговых) составляющих сигнала позволяют исследовать поляризационные характеристики принимаемого радиоизлучения не только мощных радиоисточников, таких, как, например, Солнце и Юпитер, а также и довольно слабых (Vig A, Tau A, солнечные “микровсплески”) – с потоком около 500 Ян.

Представленные результаты были получены по данным наблюдений с 12 по 18 июля 2002 г. Привлекательность экспериментальных данных в эти дни в том, что на Солнце наблюдалась одна большая активная область №10030 (NOAA/USAF каталог), расположенная в северном полушарии. Она пересекла центральный солнечный меридиан с 15 на 16 июля на широте $\sim 19^{\circ}$.

Степень круговой поляризации измерялась на частоте 24.75 МГц в полосе 10 кГц с временным разрешением 10 мс. Идентификация всплесков (“прямые” или “обратные” ДП) осуществлялась по наблюдениям дрейфа на широкополосной аппаратуре радиотелескопа УТР-2. В течение бури наблюдалось левополяризованное излучение для всех типов всплесков. Результаты представлены в табл. 1. Полагая, что данная буря связана с группой №10030, у которой магнитное поле головного пятна имеет северную полярность (23-й нечетный цикл активности Солнца), приходим к заключению, что излучение соответствует обыкновенной моде.

Таблица 1.

Тип	Количество всплесков	Средняя степень поляризации первого элемента, P1, %	Средняя степень поляризации второго элемента, P2, %
ОДП	205	-30.41	-24.76
ПДП	79	-25.79	-27.76

На рис. 1 показана зависимость степени поляризации первого (P1) и второго (P2) элементов ДП. Наблюдается значительная корреляция ($\sim 0.8 \div 0.9$) между значениями степени поляризации первого и второго элементов. Линейный тренд, изображенный на рисунке, описывается выражениями: $P2 = 1.23 \cdot P1 + 3.96$ для ПДП; $P2 = 0.92 \cdot P1 + 2.99$ для ОДП.

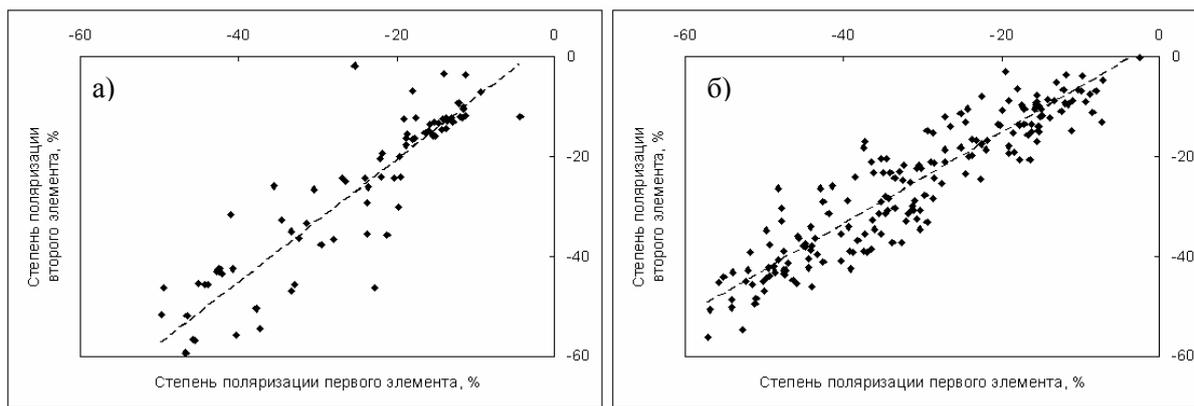


Рис. 1. Зависимость степени поляризации первого (P_1) и второго (P_2) элементов ДП: а) – ПДП; б) – ОДП

Гистограммы распределения ДП по степени поляризации представлены на рис. 2. Здесь серым цветом обозначена поляризация первого элемента, а черным – второго. Видны два максимума. Первый со степенью поляризации $\sim 15\%$ как для ПДП, так и для ОДП. Второй $\sim 45\%$ у ПДП и $\sim 35\%$ у ОДП.

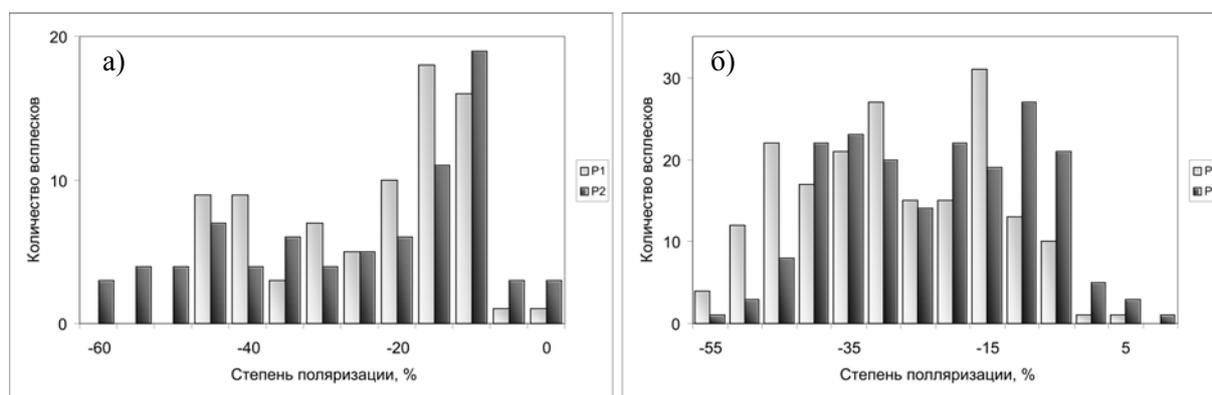


Рис. 2. Распределение дрейфующих пар по степени поляризации: а) – ПДП, б) – ОДП

Подобная зависимость наблюдается для всплесков III типа и интерпретируется как разделение всплесков по излучению на первой и на второй гармониках. Предположение о возможности излучения ОДП на частоте основного тона и на второй гармоники высказывалось Далком, Сузуки и Шериданом в [9]. В работе Абранина и др. [10] сообщается о наблюдении гармонической структуры ДП на частотах 12.5 МГц (основной тон) и 25 МГц (вторая гармоника).

Возможность излучения ДП на частоте основного тона и второй гармоники косвенно подтверждает и зависимость степени поляризации всплесков от положения активной области на диске Солнца. На рис. 3 представлено распределение средних значений степени поляризации ДП в течение бури. Гелиодолготная зависимость степени поляризации ДП подобна аналогичной зависимости для всплесков III типа, полученной в работе Степановой и др. [11].

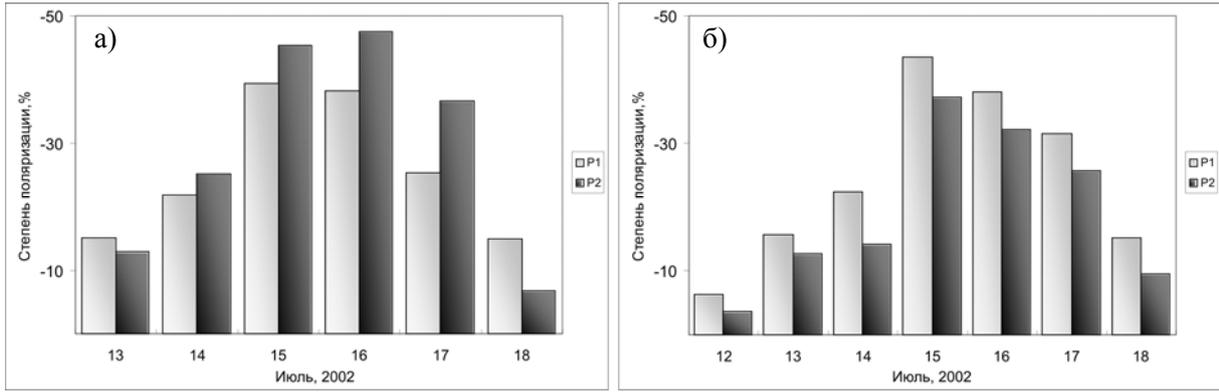


Рис. 3. Гелиодолготная зависимость степени поляризации ДП: а) – ПДП, б) – ОДП

Сузуки и Гэри [6] указывали на то, что степень поляризации первого элемента ОДП была выше, чем у второго, а для ПДП, наоборот, у первого элемента пары степень поляризации была ниже. Наши наблюдения также показывают (см. рис. 1), что у 86 % ОДП сильнее поляризован первый элемент ($P1 > P2$). Количество ПДП, у которых $P1 > P2$ и $P1 < P2$ составило 44 и 56 % соответственно. Отметим, что четыре дня из шести описываемой бури для ПДП наблюдалось превышение степени поляризации второго элемента над первым (рис. 3, а).

Исследования временной структуры поляризации ДП показали, что у ~80 % всплесков максимальное значение степени поляризации элементов наблюдается либо на переднем фронте всплеска, либо на заднем. Максимум степени поляризации очень редко совпадает с максимумом интенсивности всплеска. На рис. 4 представлены наиболее типичные случаи временной структуры степени поляризации ДП: а) – ПДП, 11:23:18 UT 13 июля 2002 г., верхнее окно – временной профиль каналов, регистрирующих левополяризованное и правополяризованное излучение, верхняя и нижняя линии соответственно, в децибелах над уровнем фона, нижнее окно – степень поляризации в процентах; б) – ОДП, 08:16:00 UT 13 июля 2002 г.

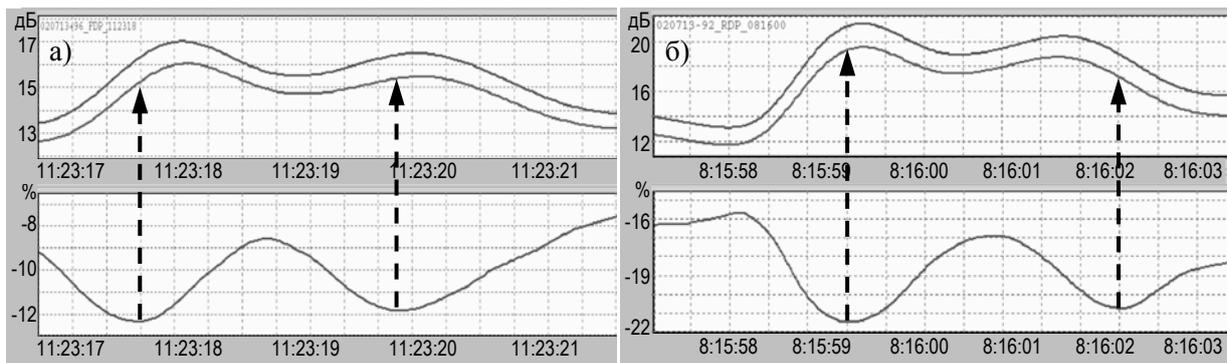


Рис. 4. Наиболее типичные временные профили ДП

Для большинства ПДП характерна ситуация, при которой максимум степени поляризации приходится на передний фронт элементов пары. Т. е. в обоих элементах максимум степени поляризации опережает максимум интенсивности. В случае ОДП наиболее характерная временная структура степени поляризации иная. Максимум степени поляризации

первого элемента наблюдается на его переднем фронте, а максимум степени поляризации второго элемента – на заднем фронте. Такой вариант временной структуры степени поляризации наблюдался почти у 70 % ОДП.

Заключение

Исследование поляризации декаметровых всплесков типа ДП по наблюдениям на радиотелескопе УРАН-2 показали, что степень поляризации как для ПДП, так и для ОДП приблизительно равна 30 %, оба компонента имеют близкую поляризацию. Такая поляризация типична для радиоизлучения основного тона. Первый компонент ОДП имеет большую поляризацию по сравнению со вторым. Для ПДП, наоборот, – выше степень поляризации второго компонента.

Мы нашли, что поляризация ДП существенно зависит от положения активной области, связанной с этими всплесками. Когда активная область находилась вблизи центрального меридиана, поляризация обоих компонентов всплесков составляла 35 %. В остальные дни в большинстве случаев степень поляризации компонентов ДП не превышала 10÷20 %. Временная структура степени поляризации различна для ПДП и ОДП. В обоих элементах ПДП максимум поляризации опережает максимум интенсивности. В то же время для ОДП максимум поляризации первого элемента наблюдается на его переднем фронте, а максимум поляризации второго элемента – на заднем.

Работа выполнялась при частичной финансовой поддержке гранта INTAS 03-5727.

Литература

1. Roberts. J. A. Evidence of Echoes in the Solar Corona from a New Type of Burst. *Aust. J. Phys.* 1958, vol. 11, pp. 215-234.
2. De la Noe J., Moller-Pedersen B. Relationship between Drift Pair Bursts and Decametre Type III Solar Radio Emission. *Astron. & Astrophys.* 1971, vol. 12, pp. 371-378.
3. Ellis G. R. A. Fine Structure in the Spectra of Solar Radio Bursts. *Aust. J. Phys.* 1969, vol. 22, pp. 177-188.
4. Melnik V. N., Konovalenko A. A., Dorovskyy V. V., Rucker H. O., Abranin E. P., Lisachenko V. N., Lecacheux A. Solar drift pair bursts in the decameter range. *Solar Phys.* 2005, vol. 231, pp. 143-155.
5. Dulk G. A., Suzuki S. The Position and Polarization of Type III Solar Bursts. *Astron. & Astrophys.* 1980, vol. 88, pp. 203-217.
6. Suzuki S., Gary D. E. Position and Polarization of Solar Drift pair Bursts. *Proc. Astron. Soc. Australia.* 1979, vol. 3, pp. 379-383.
7. Megn A. V., Sharykin N. K., Zakharenko V. V., Bulatsen V. G., Brazhenko A. I., Vashchishin R. V. Decameter Wavelength Radio Telescope URAN-2. *Radio Physics and Radio Astronomy.* 2003, vol. 8, pp. 345-356.
8. Brazhenko A. I., Bulatsen V. G., Vashchishin R. V., Frantsuzenko A. V., Konovalenko A. A., Falkovich I. S., Abranin E. P., Ulyanov O. M., Zakharenko V. V., Lecacheux A., Rucker H. O. New decameter radiopolarimeter URAN-2. *KFNTS.* 2005, Suppl., vol. 5, pp. 43-46.
9. Dulk G. A., Suzuki S., Sheridan K. V. Solar noise storms – The polarization of storm Type III and related bursts. *Astron. & Astrophys.* 1984, vol. 130, pp. 39-45.
10. Abranin E. P., Bazelian L. L., Goncharov N. Iu., Zaitsev V. V., Zinichev V. A., Levin B. N., Rapoport V. O., Tsybko, Ia. G. Some results of observations of solar radio bursts of the 'drifting pairs' type near frequencies of 25 and 12.5 MHz. *Sov. Astron.* 1977, vol. 21, pp. 82-88.
11. Stepanova N. A., Bazelyan L. L., Abranin E. P., Brazhenko A. I., Sapogov S. A., Tsybko Ya. G. Decameter solar type III bursts: Data classification with use of cluster analysis. *Solar Phys.* 2005, vol. 156, pp. 131-143.

Поляризація дрейфуючих декаметрових пар

**А. І. Браженко, В. М. Мельник, О. О. Коноваленко, Е. П. Абранін,
В. В. Доровський, Р. В. Ващишин, А. В. Французенко, Г. О. Рукер, А. Лекашо**

Показано результати досліджень поляризації сонячних сплесків типу дрейфуючих пар (ДП), зареєстрованих протягом бурі сплесків III типу 12–18 липня 2002 р. Спостереження виконувались на радіотелескопі УРАН-2. Проаналізовано близько трьохсот ДП. Встановлено, що поляризація ДП залежить від положення на диску Сонця зв'язаної з цими сплесками активної області. Середній ступінь поляризації як “прямих”, так і “зворотних” ДП становить ~30 %. Дослідження часової структури ступеня поляризації показало істотні розходження для “прямих” і “зворотних” ДП.

Polarization of Drifting Pairs at Decameter Waves

**A. I. Brazhenko, V. N. Melnik, A. A. Konovalenko, E. P. Abranin, V. V. Dorovskyy,
R. V. Vashchishin, A. V. Frantsuzenko, H. O. Rucker, and A. Lecacheux**

The results of investigation (observations) of the solar “drift pair” bursts (DPs) polarization are shown. All bursts were recorded during Type III storm on 12-18 July, 2002 with the radio telescope URAN-2. More than 300 DPs were analyzed. The DPs polarization was found to depend on the position of the associated active region on the solar disk. The average polarization degree of both “forward” and “reverse” DPs came to be about 30 %. The investigation of the temporal structure of bursts polarization showed substantial difference for those “forward” and “reverse” DPs.