

Двухчастотные наблюдения шести пульсаров с использованием УТР-2 и GEETEE радиотелескопов

О. М. Ульянов, А. Дешпанде^{1,2}, В. В. Захаренко, А. Асгекар^{1,3}, У. Шанкар¹

*Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: oulyanov@rian.kharkov.ua*

¹*Раманский исследовательский институт, Бангалор, Индия*

²*Национальный центр астрокосмических и ионосферных исследований, Аресибо, США*

³*Бирлейский институт науки и технологий, Гоа, Индия*

Статья поступила в редакцию 13 февраля 2007 г.

Проведены одновременные и квазисовременные наблюдения шести пульсаров (B0809+74, B0823+26, B0834+06, B0943+10, B0950+08, B1133+16) на частотах 23.7 МГц (радиотелескоп УТР-2) и 34.5 МГц (радиотелескоп GEETEE). Для всех вышеперечисленных пульсаров зарегистрированы аномально интенсивные импульсы, пиковые плотности потока которых превышают аналогичный параметр средних профилей в $20 \div 1000$ раз. Анализ полученных результатов позволяет предполагать, что аномально интенсивные импульсы могут иметь относительно узкополосный механизм генерации в области низких частот.

Импульсная активность радиоизлучения трех пульсаров (B0823+26, B0943+10, B1133+16), которые наблюдались одновременно, оказалась некоррелированной на соответствующих временных интервалах. У всех пульсаров в данном цикле наблюдений аномально интенсивные импульсы существенно уже средних профилей тех же пульсаров. Эти импульсы по своим энергиям и их отношениям к энергиям обычных импульсов практически не отличаются от гигантских импульсов, обнаруженных у миллисекундных пульсаров ранее.

Введение

В последнее время усилился интерес к исследованию индивидуальных импульсов пульсаров [1-5]. Такие исследования дают возможность определять те их характеристики, которые недоступны при анализе средних профилей из-за сглаживания. Особый интерес представляют одновременные наблюдения индивидуальных импульсов на различных частотах. При этом в области низких частот (метровый и декаметровый диапазоны) наиболее остро ощущается де-

фицит данных. Наблюдая индивидуальные импульсы пульсаров на различных частотах, удалось показать, что ряд пульсаров излучают аномально интенсивные импульсы (АИИ), которые по своим свойствам ничем не отличаются от гигантских импульсов (ГИ) [6]. Ранее ГИ наблюдались только у миллисекундных пульсаров [7-9]. Наличие нового канала информации, связанного с генерацией ГИ и АИИ, дает возможность приблизиться к пониманию механизма генерации радиоизлучения пульсаров. Кроме этого, исследования самого явления гене-

рации АИИ или ГИ позволяют получить более жесткие ограничения на разрабатываемые теории таких механизмов.

Наблюдения и обработка

С целью исследования свойств индивидуальных импульсов нами были проведены одновременные наблюдения трех пульсаров (B0823+26, B0943+10, B1133+16) на радиотелескопах УТР-2 (центральная частота 23.7 МГц) и GEETEE (центральная частота 34.5 МГц). Кроме этого, мы провели квазиодновременные наблюдения еще трех пульсаров (B0809+74, B0834+06, B0950+08). Пульсар B0809+74 хотя и наблюдался последние два дня этой сессии, но эффективная площадь радиотелескопа GEETEE в направлении на этот пульсар недостаточна для его регистрации. Наблюдать пульсары B0834+06, B0950+08 одно-

временно на двух радиотелескопах также не представлялось возможным, т. к. радиотелескоп GEETEE является инструментом транзитного типа, а эффективная площадь УТР-2 в направлениях на данные пульсары (из-за низких углов места при проведении одновременных наблюдений) была бы слишком мала. В таблице приведено расписание наблюдений для всей сессии (время UTC, час:мин:сек). Серым фоном (B0823+26) выделены пульсары, которые регистрировались одновременно на двух телескопах. Интегральное качество зарегистрированных данных выделено шрифтом. Причем жирный шрифт (например, 23:58:54) соответствует лучшему качеству регистрации импульсов (с отношением сигнал/шум > 10), курсив (21:22:06) – отсутствию регистрации хотя бы одного импульса сигнал/шум < 1), а обычный шрифт с подчеркиванием (00:12:03) – соотношению сигнал/шум ≈ 1. На черном

Таблица 1. Расписание совместной сессии УТР-2 (23.7 МГц) и GEETEE (34.5 МГц) радиотелескопов

| Пульсар | F, МГц | 07.12.2001 | 08.12.2001 | 09.12.2001 | 10.12.2001 | 11.12.2001 | 12.12.2001 |
|-----------|--------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| B0809+74 | 23.7 | — | <u>00:12:03</u> 23:58:54 | — | 22:56:25 | <i>21:22:06</i> <i>22:17:06</i> | <i>21:30:00</i> |
| | 34.5 | — | — | — | — | <i>21:04:08</i> <i>21:24:28</i> | <i>21:00:08</i> <i>21:20:38</i> |
| B0823+26 | 23.7 | <i>21:37:16</i> | <i>21:30:00</i> | <i>21:40:54</i> | — | — | — |
| | 34.5 | <u>21:47:38</u> 22:10:28 | 21:47:08 <u>22:07:28</u> | <i>21:40:08</i> <i>22:00:28</i> | 21:38:08 21:58:28 | — | — |
| B0834+06 | 23.7 | — | — | — | <i>23:37:45</i> | <i>23:20:42</i> | <i>22:32:00</i> |
| | 34.5 | — | — | — | — | <u>21:46:08</u> <u>22:06:38</u> | 21:42:08 22:02:38 |
| B0943+10 | 23.7 | <u>22:59:40</u> | <i>23:00:00</i> | <i>22:50:09</i> | — | — | — |
| | 34.5 | <u>23:08:18</u> <u>23:29:08</u> | <u>23:07:08</u> <u>23:27:28</u> | <u>23:00:08</u> 23:20:28 | 22:58:08 23:18:28 | — | — |
| B0950+081 | 23.7 | — | — | — | — | 00:17:50 | <i>00:36:56</i> <i>23:35:00</i> |
| | 34.5 | — | — | — | — | <u>23:00:08</u> <u>23:20:38</u> | 22:56:08 23:16:38 |
| B1133+16 | 23.7 | — | 00:47:59 | 00:42:21 | <u>00:39:42</u> | — | — |
| | 34.5 | — | <i>00:57:48</i> <i>01:18:48</i> | 00:54:08 <u>01:14:28</u> | 00:50:08 01:10:28 | 00:48:08 01:08:28 | — |

фоне белым цветом отмечено начало наблюдений, во время которых имелись сильные помехи (23:20:28).

Для четырех пульсаров (B0809+74, B0943+10, B0950+08, B1133+16) на частоте 23.7 МГц и пяти пульсаров (B0823+26, B0834+06, B0943+10, B0950+08, B1133+16) на частоте 34.5 МГц были обнаружены импульсы, имеющие аномально высокую интенсивность. В декаметровом диапазоне такие импульсы были впервые зарегистрированы для PSR B0809+74 [10]. Значительно позднее пришло понимание того, что импульсы данного типа являются аномально интенсивными и этот тип импульсов встречается еще у нескольких пульсаров, наблюдаемых в декаметровом диапазоне [11]. В нашем случае интерес представляет тот факт, что наблюдения АИИ проводились одновременно на двух частотах метрового и декаметрового диапазонов. При этом относительный разнос частот $((f_1 - f_2)/\sqrt{f_1 f_2})$ был достаточно велик и составлял 0.378. Сами же пункты наблюдений были разнесены на значительное расстояние, что обеспечивало независимость результатов наблюдений от влияния на них ионосферных неоднородностей. Влияние неоднородностей электронной концентрации в межпланетной среде при таком пространственном и частотном разноразносе хотя и не исследовалось детально, но из качественных соображений должно быть меньше, чем при наблюдениях из одного пункта. Влияние рефракции в межзвездной среде должно проявляться на полученных данных двояко. Для мелкомасштабных неоднородностей с характерными размерами 10^{11} см и характерным диапазоном скоростей $50 \div 100$ км/с, поперечных к лучу зрения, ожидаемый период вариаций интенсивности будет составлять $55.5 \div 27.8$ ч, а для крупномасштабных неоднородностей с характерными размерами $10^{12} \div 10^{13}$ см и такими же поперечными скоростями, что и у мелкомасштабных неоднородностей, – в $10 \div 100$ раз больше. Соответственно в данных наблюдениях мы можем ожидать присутствия влияния суточных

модуляций интенсивности за счет прохождения мелкомасштабных неоднородностей электронной концентрации в межзвездной среде через луч зрения.

Поскольку по многим своим свойствам АИИ аналогичны ГИ, сам факт обнаружения АИИ у такого количества пульсаров свидетельствует в пользу того, что механизм генерации ГИ также может простираться вплоть до декаметрового диапазона. Первое прямое подтверждение этого факта получено в работе [12].

Результаты наблюдений

Наблюдения пульсара B0809+74 (см. таблицу) состояли из шести сеансов на УТР-2 (здесь длительность одного сеанса составляла около часа) и четырех сеансов на GEETEE (здесь длительность одного сеанса составляла 20 мин, а интервал между двумя сеансами не превышал 10 с). Таким образом, в один день на радиотелескопе GEETEE записывалось два файла данных подряд. В последние два дня этой сессии, т. е. 11 и 12 декабря 2001 г., велась одновременная регистрация на обоих радиотелескопах. Наиболее интенсивное радиоизлучение пульсара регистрировалось 8 и 10 декабря на частоте 23.7 МГц, когда работал только УТР-2. К сожалению, во время совместных наблюдений ни на УТР-2, ни на GEETEE индивидуальные импульсы этого пульсара не были зарегистрированы. На рис. 1 мы приводим последовательность индивидуальных импульсов пульсара B0809+74, интенсивность последовательности импульсов в той фазе среднего профиля, которая соответствует максимуму его интенсивности, сам средний профиль, полученный из приведенной последовательности, и два профиля индивидуальных импульсов. Данная серия импульсов была зарегистрирована на УТР-2 10 декабря 2001 г. Отношение сигнал/шум в этот день наблюдений было максимальным.

Можно видеть, что ширина отдельных импульсов на частоте 23.7 МГц меньше, чем ширина среднего профиля, а пиковые потоки наиболее интенсивных индивидуаль-

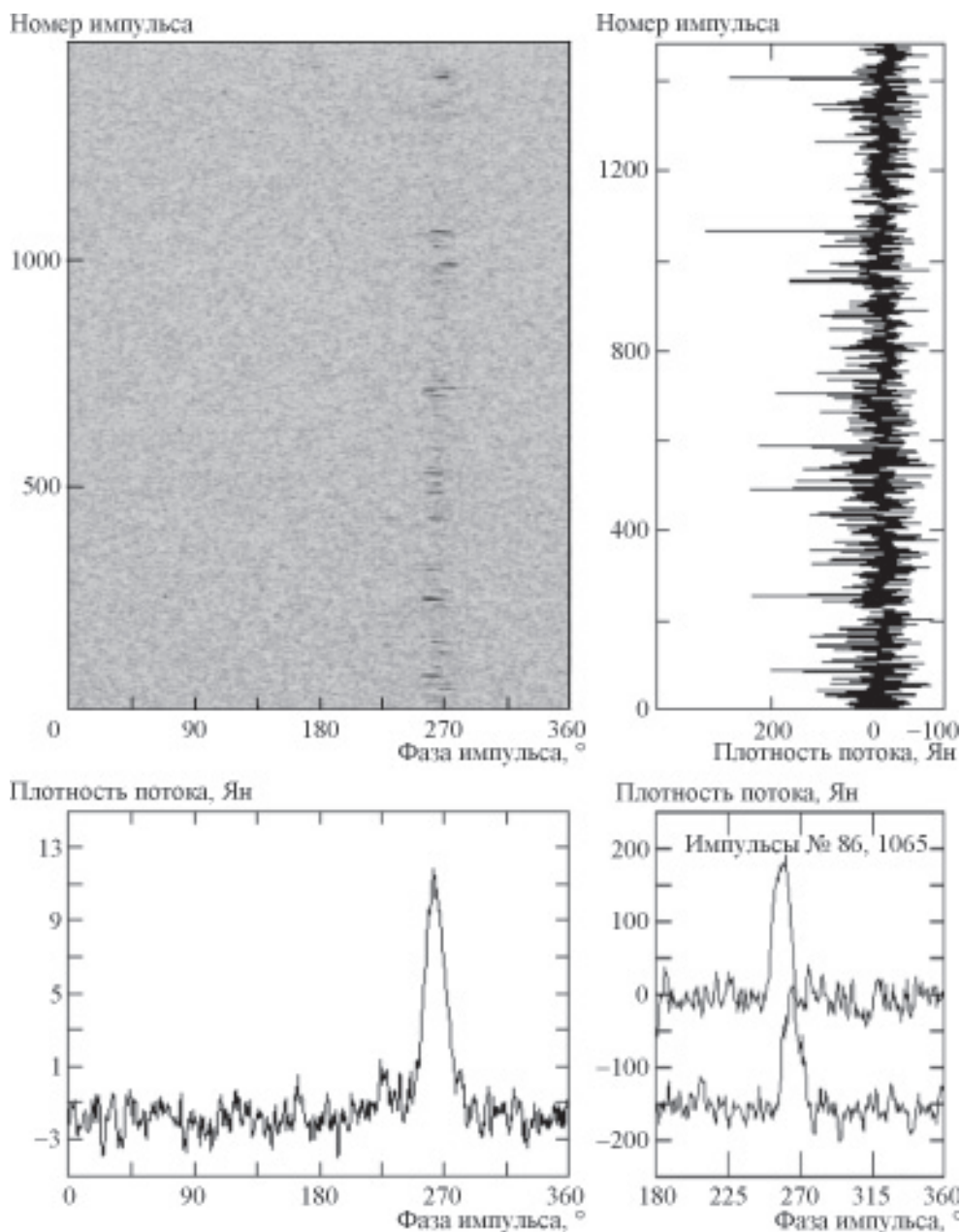


Рис. 1. Наблюдения PSR B0809+74 на УТР-2 10 декабря 2001 г. Слева сверху показана последовательность АИИ, которые зарегистрированы на частоте 23.7 МГц с временным разрешением $\Delta\tau = 2$ мс. Внизу приводится средний профиль, полученный из этой последовательности, и сечение последовательности, соответствующее наиболее интенсивной фазе среднего профиля (справа сверху). В правом нижнем углу приведены профили двух индивидуальных импульсов, которые имеют аномально высокую интенсивность. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляет 20.9°. Ширина индивидуального импульса по уровню интенсивности 0.5 составляет 12.5°

ных импульсов превышают 200 Ян. Таким образом, даже в одном относительно коротком сеансе наблюдений отношение макси-

мальных плотностей потоков в наиболее интенсивном импульсе и в среднем профиле достигает 22 раз. Для других наблюде-

ний данного пульсара, в которых индивидуальные импульсы регистрируются реже, это отношение бывает еще больше и может достигать $50 \div 100$ раз.

Наблюдения пульсара B0823+26 состояли из трех сеансов на УТР-2 и восьми сеансов на GEETEE. Все наблюдения на УТР-2 были неудачными, и излучение этого пульсара не было зарегистрировано ни на уровне индивидуальных импульсов ни в средних профилях. Поэтому мы можем привести лишь верхнюю оценку для плотности потока на частоте 23.7 МГц, которая соответствует одному среднеквадратичному отклонению эквивалентной шумовой температуры, пересчитанной в янские. Эта оценка соответствует 45 Ян.

При наблюдениях на GEETEE средние профили были зарегистрированы 7, 8 и 10 декабря 2001 г. Лучший средний профиль этого пульсара в данной сессии был получен 10 декабря 2001 г. Пиковая интенсивность этого профиля не превышает 8 Ян. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляет 8.3° . Индивидуальные профили, зарегистрированные во время данных наблюдений, состоят из отдельных узких выбросов, которые имеют весьма значительную интенсивность. В ряде случаев интенсивность таких выбросов достигает 2000 Ян. Эти отклонения в 250 раз превышают максимальную плотность потока в среднем профиле данного пульсара.

Наблюдения пульсара B0834+06 включали три сеанса на УТР-2 и четыре сеанса на GEETEE. Лучший сеанс на УТР-2 был 10 декабря 2005 г. В данном сеансе наблюдался широкий средний профиль с весьма низким отношением сигнал/шум и большой постоянной времени рассеяния. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляла $\sim 30.0^\circ$. Плотность потока в максимуме сильно рассеянных индивидуальных импульсов, которые по своей форме весьма похожи на средний профиль, достигала 100 Ян. В остальные сеансы индивидуальные импульсы не были обнаружены, тем самым пиковые плотности по-

тока не превышали в них уровня 30 Ян в формате регистрации индивидуальных импульсов (или 0.7 Ян в формате среднего профиля). На частоте 34.5 МГц индивидуальные импульсы были зарегистрированы во всех четырех записях. Наиболее интенсивные импульсы на этой частоте наблюдались 12 декабря 2001 г. (см. рис. 2). Во всех четырех сеансах было зарегистрировано достаточно много индивидуальных импульсов с пиковыми плотностями потока в несколько сотен янских. Максимальное отклонение интенсивности индивидуального импульса по отношению к интенсивности среднего профиля составило 37 раз. Соответствующая пиковая плотность потока индивидуального импульса составляла при этом около 1100 Ян.

Пульсар B0943+10 наблюдался три раза на УТР-2, и имеется восемь записей, полученных в течение четырех дней на GEETEE. Учитывая особенности в радиоизлучении данного пульсара, изложенные в работах [13-15], мы приведем полученные результаты более подробно. Первый факт, который удалось установить, связан с тем, что отдельные субимпульсы во второй (более поздней) компоненте среднего профиля имеют большую интенсивность, чем в первой, но при этом регистрируются реже, чем субимпульсы в первой компоненте (см. рис. 3). Отношение интенсивностей индивидуальных импульсов и средних профилей в максимумах достигает 120 раз. Низкоинтенсивное (на уровне 40 Ян при отношении сигнал/шум равном 1) радиоизлучение этого пульсара значительную часть времени присутствует в сеансе 7 декабря 2001 г. В то же самое время ни индивидуальные импульсы, ни даже средний профиль не были надежно зарегистрированы на радиотелескопе GEETEE. С другой стороны в данных, полученных во время этого сеанса на GEETEE, было зарегистрировано множество аномально интенсивных узких пиков, которые располагались случайным образом во времени и на всех фазах среднего профиля пульсара и которые мы не можем однозначно идентифицировать. Плот-

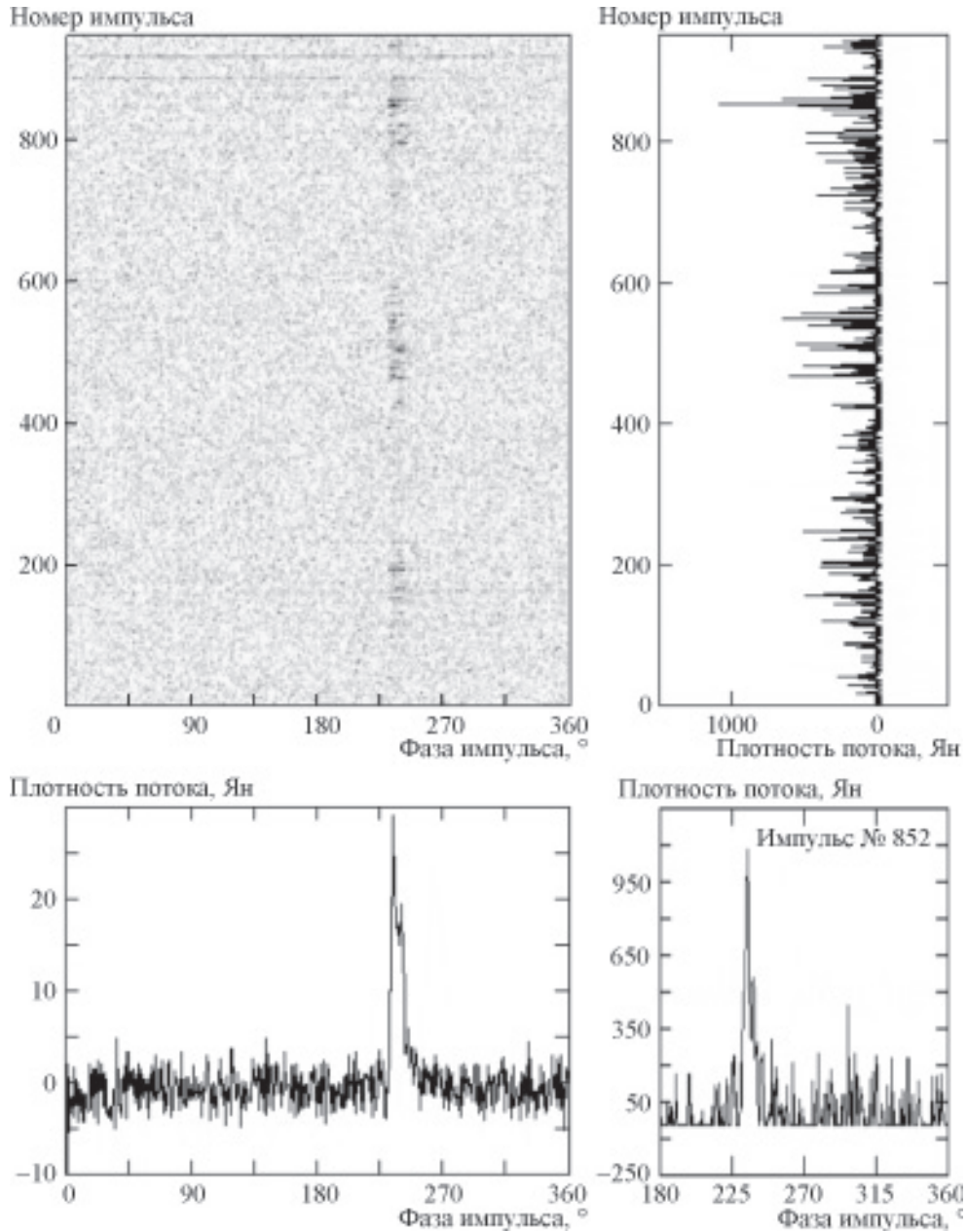


Рис. 2. Наблюдения PSR B0834+06 на GEETEE от 12 декабря 2001 г. Приведена последовательность импульсов, которые зарегистрированы на частоте 34.5 МГц с временным разрешением $\Delta\tau \approx 1$ мс. Плотность потока узких anomalously интенсивных выбросов достигает 1100 Ян. Отношение плотностей потоков в максимуме индивидуального импульса и максимуме среднего профиля достигает 37 раз. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляет 8.8° . Ширина индивидуального импульса по уровню интенсивности 0.5 составляет 3.9°

ность потока в таких выбросах достигает $100 \div 200$ Ян, а их максимальные значения 400 Ян. В тоже время даже на уровне чувствительности, соответствующей накоплению более 1000 индивидуальных импуль-

сов, мы не видим уверенной регистрации среднего профиля.

Пульсар B0950+08 наблюдался три раза на УТР-2, и имеется четыре записи, полученные в течение двух дней на GEETEE.

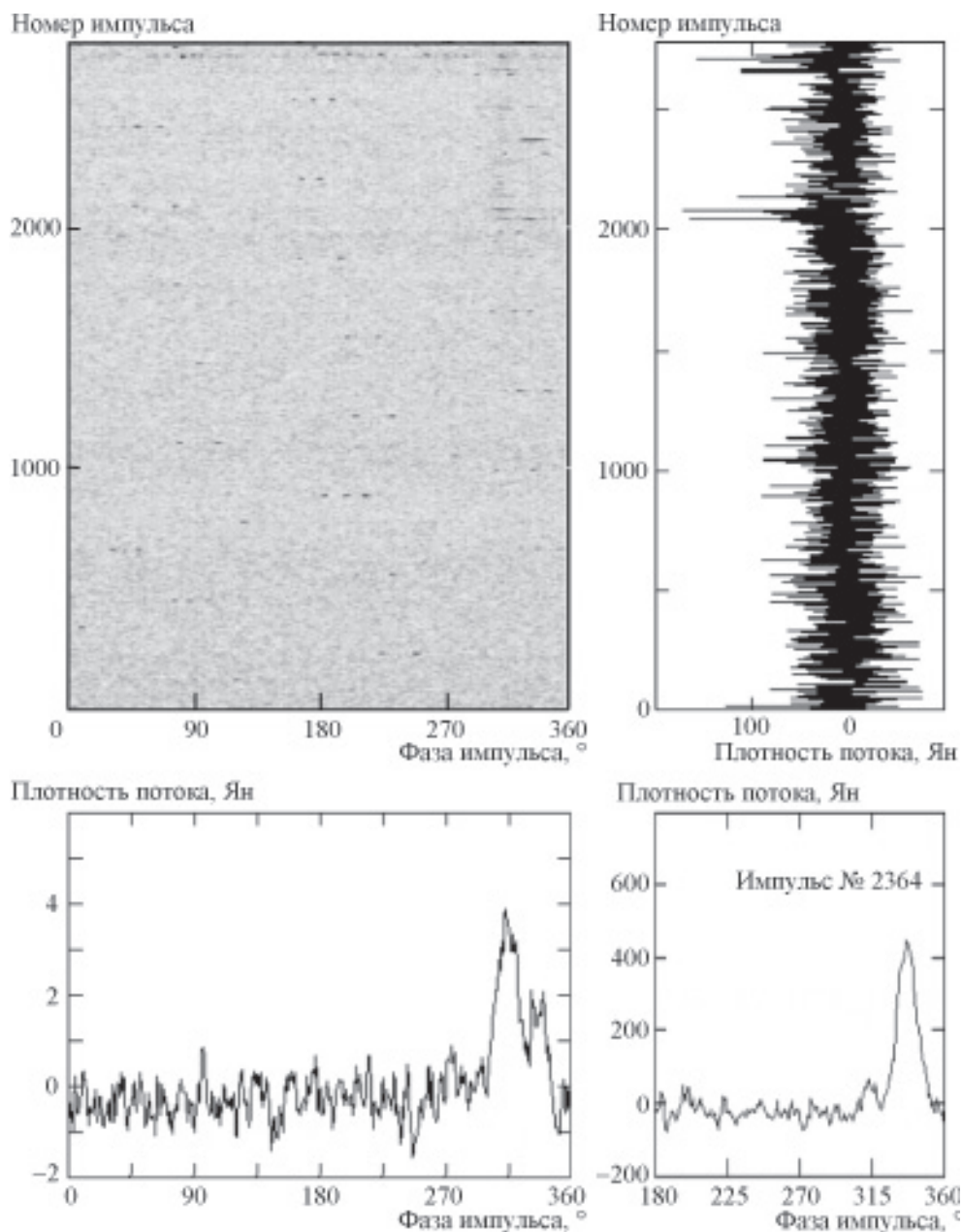


Рис. 3. Наблюдения PSR B0943+10 на УТР-2 7 декабря 2001 г. Приведена последовательность anomalно интенсивных импульсов, которые зарегистрированы на частоте 23.7 МГц с временным разрешением $\Delta\tau = 2$ мс. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляет 16.4° . Ширина индивидуального импульса по уровню интенсивности 0.5 составляет 14.2°

Особенностями излучения этого пульсара на частоте 23.7 МГц являются наличие коротких серий индивидуальных импульсов с плотностями потока 150 ÷ 350 Ян и практически “ON-OFF” режим генерации этих серий импульсов, когда в “OFF”-мод

е серии отсутствуют (см. рис. 4). В тоже время на частоте 34.5 МГц наблюдаются отдельные импульсы, в которых пиковая плотность потока достигает 1000, а в одном случае даже 7000 Ян. Идентификация таких относительно редких событий

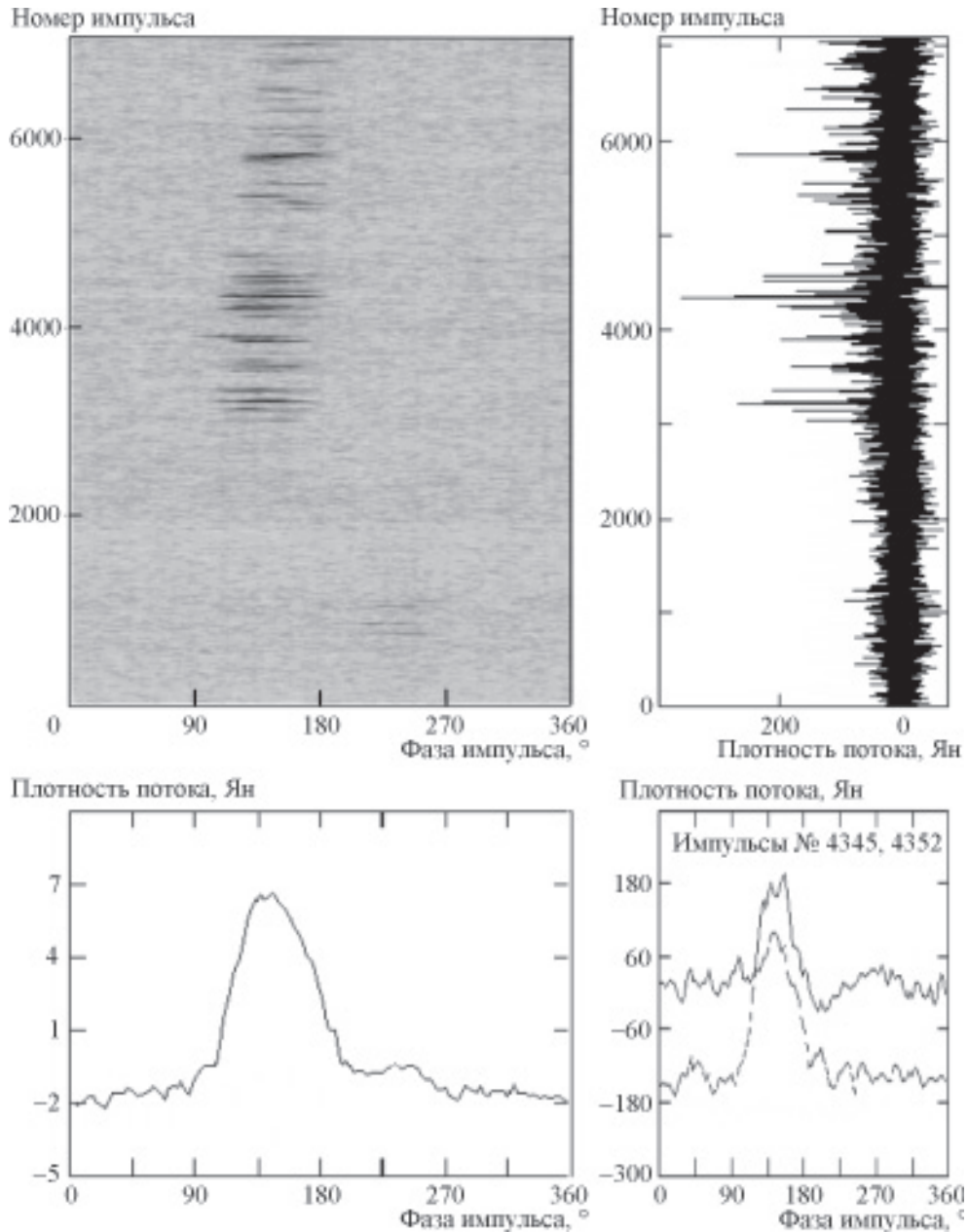


Рис. 4. Наблюдения PSR B0950+08 на УТР-2 11 декабря 2001 г. Приведена последовательность anomalно интенсивных импульсов, которые зарегистрированы на частоте 23.7 МГц с временным разрешением $\Delta\tau = 2$ мс. Весьма вероятно, что синтезатор частот работал нестабильно во время этого сеанса регистрации, т. к. виден систематический фазовый сдвиг в окне главного импульса. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляет 63.7° . Ширина индивидуального импульса № 4352 (нижний) по уровню интенсивности 0.5 составляет 54.4° . Небольшой систематический сдвиг зоны активной генерации по долготе среднего профиля (верхняя часть рисунка), вероятнее всего, объясняется нарушением синхронизации регистрирующей аппаратуры

не вызывает сомнений потому, что три критерия, а именно: мера дисперсии, фазовое положение относительно среднего профи-

ля и характерная форма импульса, которая для узких импульсов в значительной степени определяется постоянной времени рас-

сеяния в межзвездной среде, – однозначно указывают на то, что зарегистрированные импульсы испущены пульсаром. На частоте 34.5 МГц именно аномально мощные импульсы внесли определяющий вклад в формирование среднего профиля. На этой частоте отношение максимальных плотностей потоков наиболее мощного импульса и среднего профиля достигает 1170 раз. Ширина среднего профиля по уровню интенсивности 0.5 составляет 43.2° . Ширина индивидуального импульса по уровню интенсивности 0.5 составляет 9.4° .

В ходе наблюдений пульсара B1133+16 радиоизлучение его индивидуальных импульсов было зарегистрировано 8, 9 и 10 декабря 2001 г. на частоте 23.7 МГц. В то же время на частоте 34.5 МГц только в двух из восьми записей, имеющихся в нашем распоряжении, наблюдались индивидуальные импульсы. В этой работе мы приводим результаты, полученные на обеих частотах 9 и 10 декабря. Общие свойства радиоизлучения для этого пульсара остаются такими же, как и для всех вышеперечисленных пульсаров. А именно средний профиль на обеих частотах шире, чем отдельные аномально интенсивные импульсы. Отношение интенсивностей наиболее мощных импульсов к интенсивности среднего профиля на нижних частотах достигает $140 \div 184$ раз, в то время как на высоких частотах – 335.7 раз. Наконец время активности пульсара не совпадает на обеих частотах (см. рис. 5, 6 и 7).

Для выявления возможных корреляционных зависимостей во флуктуациях энергии индивидуальных импульсов данного пульсара был проведен корреляционный анализ таких флуктуаций. Результаты анализа приведены на рис. 7 и иллюстрируют тот факт, что при выбранных параметрах наблюдений флуктуации энергии на обеих частотах не имеют значимой корреляции.

Это касается всех пульсаров, наблюдавшихся одновременно, и следует даже из рассмотрения качества полученных данных в таблице. Однако для более тщательной проверки мы провели дополнительный ана-

лиз вариаций энергий импульсов пульсаров, наблюдавшихся одновременно в окне 45° вблизи фазы максимальной интенсивности среднего профиля. Во всех случаях полученные коэффициенты взаимной корреляции являются незначимыми, а их зависимости аналогичны приведенной на рис. 7.

Флуктуации энергии с суточными масштабами, характеризующие влияние мерцаний на мелкомасштабных неоднородностях межзвездной среды, при таком анализе не могут быть выявлены. Однако их присутствие можно предполагать, рассматривая качество данных в таблице. Для выявления количественных характеристик таких мерцаний данной серии наблюдений явно недостаточно.

Обсуждение полученных результатов

В данных наблюдениях было установлено, что активность тех пульсаров, которые наблюдались одновременно на двух частотах, не коррелирует во времени (с учетом устранения дисперсионной задержки в среде распространения). Оценка качества данных в таблице позволяет сделать вывод о том, что при одновременных наблюдениях у целых серий индивидуальных импульсов длительностью до 20 мин коэффициенты корреляции их энергий будут чрезвычайно низкими. Поэтому маловероятно, что один и тот же импульс, имеющий в декаметровом диапазоне аномально интенсивность, может наблюдаться в широком диапазоне частот на различных долготах среднего профиля, например из-за рефракции в магнитосфере пульсара. Этот вывод подтверждают и результаты проведенного корреляционного анализа флуктуаций энергий импульсов пульсаров, которые наблюдались одновременно. Фактически, данные настоящей работы подтверждают выводы, сделанные в [11], о возможной узкополосности спектра аномально интенсивных импульсов в декаметровом диапазоне.

Интенсивности обнаруженных импульсов превышают интенсивности средних профилей в 20 и более раз. Причем на час-

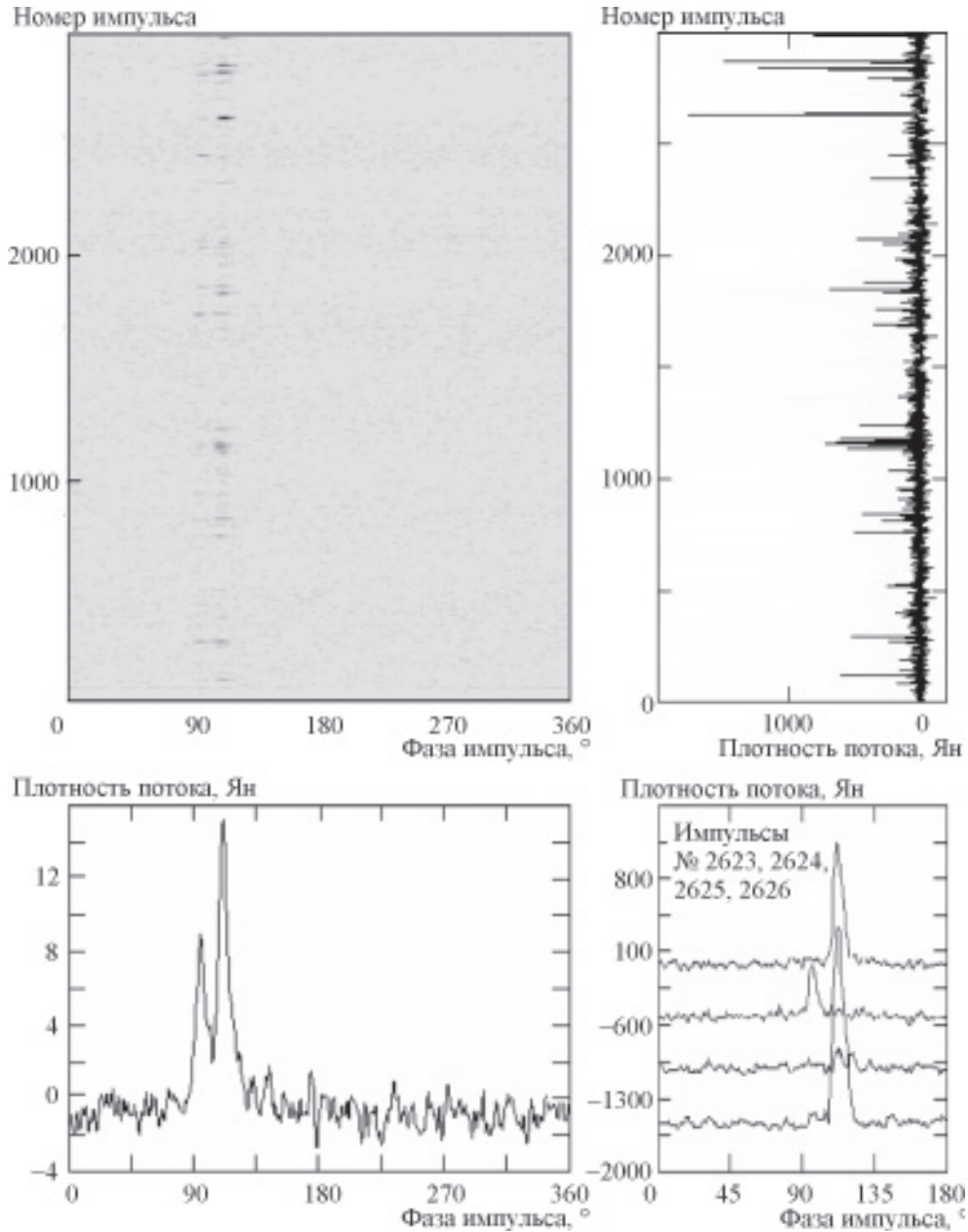


Рис. 5. Наблюдения PSR B1133+16 на УТР-2 9 декабря 2001 г. Приведены последовательность anomalно интенсивных импульсов, которые зарегистрированы на частоте 23.7 МГц с временным разрешением $\Delta\tau = 2$ мс, и средний профиль, полученный при усреднении 2998 индивидуальных импульсов. Интервал между локальными максимумами в среднем профиле составляет 16.3° . Ширина отдельного импульса № 2626 (нижний) по уровню интенсивности 0.5 составляет 7.6° . Отношение максимальных плотностей потоков наиболее мощного импульса и среднего профиля достигает 137 раз

тоте 34.5 МГц относительные превышения амплитуд индивидуальных импульсов над амплитудой среднего профиля выше, чем

на частоте 23.7 МГц, для всех пульсаров. В диапазоне 34.5 МГц они достигают значений 1170 раз для PSR B0950+08. При этом

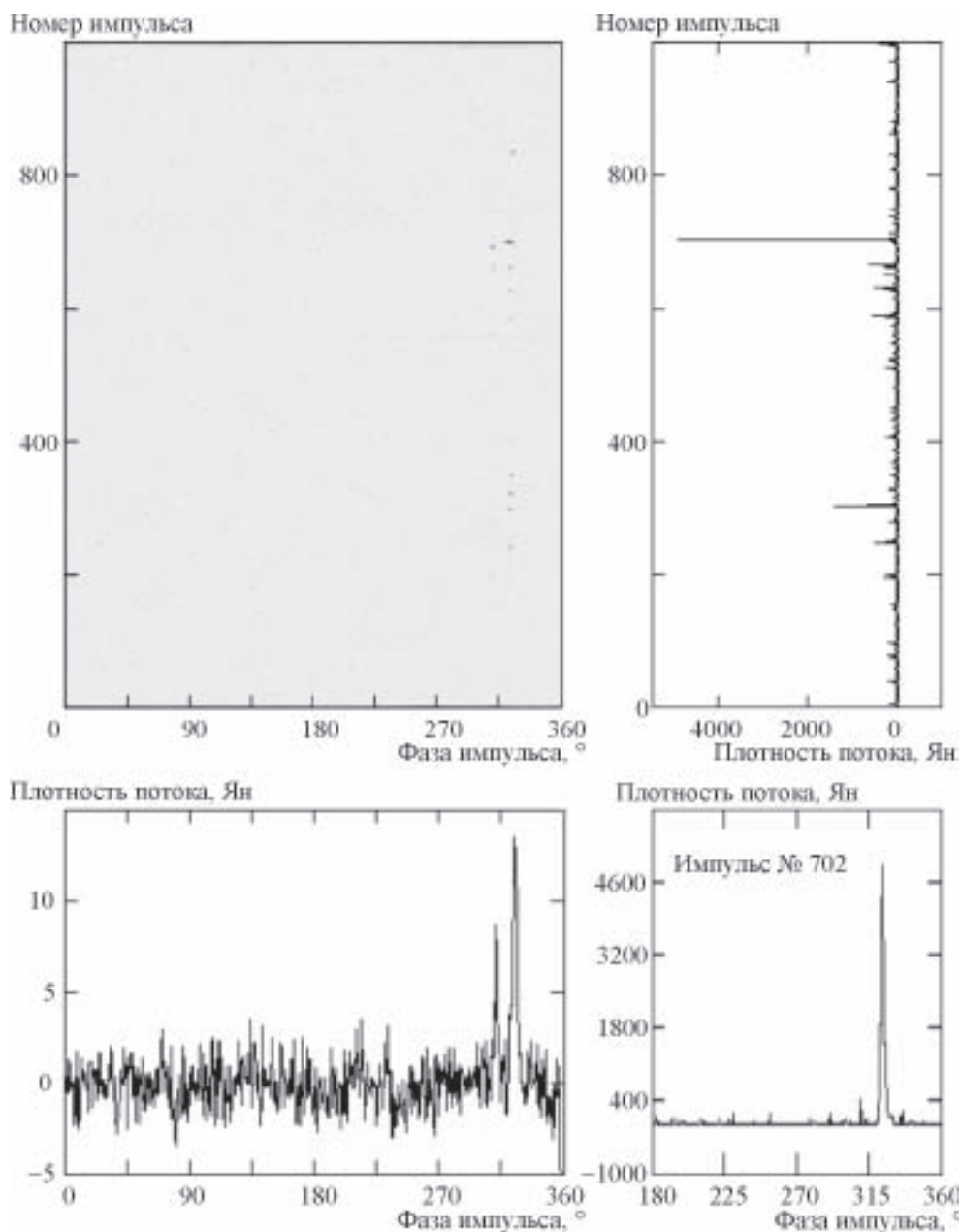


Рис. 6. Наблюдения PSR B1133+16 на GEETEE 10 декабря 2001 г. Центральная частота наблюдений 34.5 МГц, временное разрешением $\Delta\tau \approx 1$ мс. Отношение максимальных плотностей потоков наиболее мощного импульса и среднего профиля достигает 335.7 раз. Интервал между двумя максимумами составляет 13.9°. Ширина индивидуального импульса по уровню интенсивности 0.5 составляет $\sim 2.0^\circ$

учет уширения импульса, регистрируемый из-за использования постдетекторного метода компенсации дисперсии, и учет рассеяния в межзвездной среде могут объяснить не более чем двукратное уменьше-

ние относительных значений на частоте 23.7 МГц по сравнению со значениями на частоте 34.5 МГц.

Энергетические отношения в исследуемых диапазонах таковы, что за 20 ÷ 40 мин

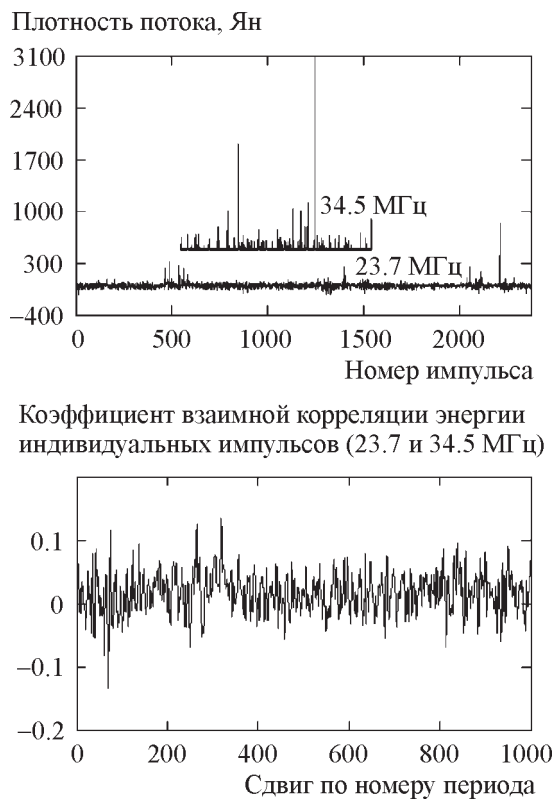


Рис. 7. Сравнение активности anomalously intense impulses, зарегистрированных в ходе одновременных наблюдений на двух частотах. Показаны отклики обоих радиотелескопов в наиболее интенсивных фазах средних профилей. Все данные приведены к верхней частоте радиотелескопа GEETEE. На нижнем рисунке показан коэффициент взаимной корреляции энергий индивидуальных импульсов в общем для обеих частот окне регистрации. Энергии импульсов взяты в окне $\pm 22.5^\circ$ относительно максимумов интенсивности в соответствующих средних профилях

прохождения через диаграмму направленности радиотелескопа GEETEE форма среднего профиля любого из наблюдавшихся пульсаров не стабилизируется. В ряде случаев вклады в интенсивность среднего профиля обычных и anomalously мощных импульсов в низкочастотном диапазоне оказываются соизмеримыми. Возможно, что средние спектры АИИ, наблюдавшихся нами, качественно соответствуют средним спектрам для вышеупомянутых

пульсаров. Если окажется, что это так, то данный факт тоже будет сильным аргументом в пользу поддержки теории [16], согласно которой ГИ пульсаров генерируются в результате индуцированного рассеяния обычных импульсов в магнитосфере самого пульсара. АИИ по своим характеристикам во многом напоминают ГИ, соответственно они также могут генерироваться благодаря индуцированному рассеянию. В этом случае форма среднего спектра гигантских, а в нашем случае – anomalously мощных импульсов, может, в какой-то степени, быть производной от формы среднего спектра обычных импульсов.

По результатам наших наблюдений мгновенные спектры АИИ оказались относительно узкополосными в рассматриваемых диапазонах. Это является дополнительным аргументом в пользу механизма индуцированного рассеяния. Результаты, полученные в настоящей работе для PSR B1133+16, не согласуются с данными работы [5], в которой сообщалось, что АИИ этого пульсара наиболее вероятно регистрируются на высоких частотах и соответственно их спектр более плоский. В низкочастотном диапазоне, вероятнее всего, наблюдается узкополосный механизм генерации АИИ. Эти импульсы (за исключением импульсов PSR B0950+08) существенно уже, чем средние профили, относящиеся к тем же пульсарам.

Совместный анализ одновременных и квазисовременных наблюдений указывает на одну общую тенденцию, которую мы связываем с особенностями генерации АИИ в декаметровом и метровом диапазонах. А именно, если в сеансе наблюдений регистрируются АИИ, то отношение сигнал/шум в среднем профиле превышает 3 при характерном числе усредняемых импульсов 1÷2 тысячи. Если АИИ не регистрируются, то при том же числе усредняемых импульсов отношение сигнал/шум в среднем профиле не превышает 1. Данное обстоятельство может свидетельствовать в пользу двух фактов. Во-первых, энергетический вклад АИИ в средний профиль

является значительным. Во-вторых, весьма вероятно, что само наличие АИИ свидетельствует и о повышении интенсивностей обычных импульсов, которые основную часть времени наблюдений не обнаруживаются на фоне шумов. В дальнейшем мы планируем выяснить этот вопрос более подробно с помощью специально разрабатываемых методов статистического и корреляционного анализа.

Влияние мерцаний на результаты наблюдений определяются возможным усилением/ослаблением сигналов вблизи пульсара, в межпланетной среде и/или ионосфере. Влияние неоднородностей электронной концентрации в межзвездной среде на обеих частотах наблюдений для коротких интервалов времени будут незначительными, т. к. полосы декорреляции на обеих частотах гораздо уже рабочей полосы одного анализируемого канала. Поэтому влияние межзвездных мерцаний будет сильно сглаженным. Соответственно вклад в усиление/ослабление аномально мощных импульсов могут давать лишь относительно быстрые мерцания, которые происходят либо в межпланетной плазме, либо в ионосфере, либо в пульсарном ветре. Однако, учитывая значительные отклонения интенсивностей аномально мощных импульсов от интенсивностей среднего профиля, можно сделать вывод, что основной вклад в их усиление осуществляется вблизи пульсара, вероятнее всего, либо в его магнитосфере, либо в пульсарном ветре.

Представляет интерес провести сравнение свойств АИИ и ГИ для выявления общих и отличительных тенденций их генерации. Прежде всего обращает на себя внимание тот факт, что отношения энергий ГИ и АИИ к соответствующим энергиям средних профилей может быть одного порядка. Законы распределения энергий ГИ для всех пульсаров, в которых ГИ обнаружены, являются близкими к степенным. Аналогичные законы распределений для АИИ пока не получены. Относительная ширина ГИ меньше, чем относительная ширина АИИ,

хотя такое сравнение не совсем корректно, т. к. ГИ регистрируются преимущественно в высокочастотном диапазоне, а АИИ преимущественно в низкочастотном. Упомянутая селекция по частотам на данный момент является еще одним отличительным признаком ГИ и АИИ. Предполагается, что в самой низкочастотной части спектра (декаметровый и метровый диапазоны) АИИ генерируются либо как отдельные субимпульсы, либо как более короткая структура, связанная с субимпульсами. В свою очередь связи ГИ с субимпульсной структурой пока не прослеживается. Напротив, интервалы долгот, внутри которых генерируются ГИ, являются относительно узкими (исключением могут быть разве что ГИ пульсара в Крабовидной туманности). По результатам панорамных наблюдений, проведенных в [11], и по результатам настоящей статьи можно утверждать, что спектры АИИ являются узкополосными, возможно состоящими из нескольких полос. Для ГИ этот вопрос менее исследован вследствие отсутствия публикаций об относительно широкополосных наблюдениях ГИ в высокочастотном спектре. Данные, полученные в ходе одновременных многочастотных наблюдениях ГИ, свидетельствуют о наличии у них относительно широкого спектра в высокочастотной области. Относительно низкочастотной области этого утверждения сделать уже нельзя. Степень поляризации ГИ, как правило, является высокой. Для АИИ поляризационные характеристики пока не исследовались.

Проведенное сравнение показывает, что на данный момент прослеживается некоторая селекция ГИ и АИИ по диапазонам их генерации. Одновременно связь ГИ с субимпульсной структурой не наблюдается, в то время как у АИИ такая связь, вероятнее всего, присутствует. В ближайшее время авторы намерены получить законы распределения по энергиям для наблюдавшихся АИИ и определить их поляризационные характеристики. Тогда о сходстве и различиях АИИ и ГИ можно будет судить более уверенно.

Выводы

У четырех пульсаров (B0809+74, B0943+10, B0950+08, B1133+16) обнаружены АИИ на частоте 23.7 МГц.

У пяти пульсаров (B0823+26, B0834+06, B0943+10, B0950+08, B1133+16) обнаружены АИИ на частоте 34.5 МГц.

У трех пульсаров (B0823+26, B0943+10, B1133+16), для которых велись одновременные наблюдения, время генерации этих импульсов на частотах 24.7 и 34.5 МГц не совпадает. Это свидетельствует о возможности узкополосного механизма генерации радиоизлучения АИИ у этих пульсаров.

Получены оценки пиковых плотностей потоков пяти пульсаров на обеих частотах, а также оценки характерных ширин средних профилей и индивидуальных импульсов.

Проведено сравнение наблюдаемых свойств АИИ и ГИ. Отмечены возможные различия в этих свойствах.

Авторы выражают благодарность INTAS и Министерству образования и науки Украины, грантовой и контрактной поддержкой которых (INTAS 99-0183, INTAS 03-5727, контракты МОНУ №2М/729-2001 и № Ф8/343-2004) обеспечено выполнение этой работы.

Литература

- Romani R. W., Johnston S. Giant Pulses from the Millisecond Pulsar B1821-24 // *Astrophys. J. Lett.* – 2001. – Vol. 557. – P. 93-96.
- Knight H. S., Bailes M., Manchester R. N., and Ord S. M. A Search for Giant Pulses from Millisecond Pulsars // *Astrophys. J.* – 2005. – Vol. 625, part 1. – P. 951-956.
- Knight H. S., Bailes M., Manchester R. N. et al. Green Bank Telescope Studies of Giant Pulses from Millisecond Pulsars // *Astrophys. J.* – 2006. – Vol. 640. – P. 941.
- Ershov A. A., Kuzmin A. D. Detection of Giant Pulses from the Pulsar PSR B1112+50 // *Astron. Lett.* – 2003. – Vol. 29. – P. 91-95.
- Kramer M., Karastergiou A., Gupta Y., Johnston S., Bhat N. D. R., Lyne A.G. Simultaneous single-pulse observations of radio pulsars. IV. Flux density spectra of individual pulses // arXiv:astro-ph/0306455. – 2003. – Vol. 1.
- Kuzmin A. D., Ershov A. A., Losovsky B. Ya. Detection of Giant Pulses from the Pulsar PSR B0031-07 // *Astron. Lett.* – 2004. – Vol. 30. – P. 247-250.
- Cogrnad I., Shrauner J. A., Taylor J. H., Thorsett S. E. Giant Radio Pulses from a Millisecond Pulsar // *Astrophys. J. Lett.* – 1996. – Vol. 457. – P. 81-84.
- Kinkhabwala A., Thorsett S. E. Multifrequency Observations of Giant Radio Pulses from the Millisecond Pulsar B1937+21 // *Astrophys. J.* – 2000. – Vol. 535. – P. 365-372.
- Soglasnov V. A., Popov M. V., Bartel N., Cannon W., Novikov A. Yu., Kondratiev V. I., Altunin V. I. Giant Pulses from PSR B1937+21 with Widths ≤ 15 Nanoseconds and $T_b \geq 5 \times 10^{39}$ K, the Highest Brightness Temperature Observed in the Universe // *Astrophys. J.* – 2004. – Vol. 616. – P. 439-451.
- Новиков А. Ю., Попов М. В., Согласнов В. А. и др. Наблюдения пульсара PSR0809+74 на частоте 25 МГц с временным разрешением 100 мкс // *Астрономический журнал.* – 1984. – Т. 61. – С. 343-347.
- Ульянов О. М., Захаренко В. В., Коноваленко А. А. и др. Обнаружение индивидуальных импульсов пульсаров B0809+74; B0834+06; B0943+10; B0950+08; B1133+16 в декаметровом диапазоне волн // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2006. – Т. 11, №2. – С. 113-133.
- Попов М. В., Кузьмин А. Д., Ульянов О. М. и др. Мгновенные спектры гигантских импульсов пульсара в Крабовидной туманности от дециметрового до декаметрового диапазона радиоволн // *Астрономический журнал* – 2006. – Т. 83, №7. – С. 630-637.
- Сулейманова С. А., Извекова В. А. Обнаружение двух мод излучения пульсара PSR 0943+10 на метровых волнах // *Астрономический журнал.* – 1984. – Т. 61. – С. 53-59.
- Сулейманова С. А., Шабанова Т. В., Пугачев В. Д. Изучение влияния эффекта “переключения мод” на поляризацию и временные свойства импульсов пульсара PSR 0943+10 на частоте 103 МГц: Препр. / АН СССР. Физический институт; №262. – М.: 1985. – 22 с.
- Phillips J. A., Wolszczan A. Interpulse Emission from Pulsars at 25 MHz // *Astrophys. J. Lett.* – 1989. – Vol. 344. – P. 69-72.
- Petrova S. A. On the Origin of Giant Pulses in Radio Pulsars // *Astron. Astrophys.* – 2004. – Vol. 424. – P. 227-236.

**Двочастотні спостереження шістьох
пульсарів з використанням УТР-2
та GEETEE радіотелескопів**

**О. М. Ульянов, А. Дешпанде,
В. В. Захаренко, А. Асгекар, У. Шанкар**

Проведено одночасні і квазіодночасні спостереження шістьох пульсарів (B0809+74, 0823+26, B0834+06, B0943+10, B0950+08, B1133+16) на частотах 23.7 МГц (радіотелескоп УТР-2) та 34.5 МГц (радіотелескоп GEETEE). Для всіх зазначених пульсарів зареєстровано аномально інтенсивні імпульси, пікова щільність потоку яких перевищує аналогічний параметр середніх профілів у 20÷1000 разів. Аналіз отриманих результатів дозволяє припустити, що аномально інтенсивні імпульси можуть мати відносно вузькосмуговий механізм генерації в області низьких частот.

Імпульсна активність радіовипромінювання трьох пульсарів (B0823+26, B0943+10, B1133+16), які спостерігалися одночасно, виявилася некорельованою на відповідних часових інтервалах. У всіх пульсарів в даному циклі спостережень аномально інтенсивні імпульси є істотно вужчими ніж середні профілі тих самих пульсарів. За своїми енергіями та їх співвідношеннями до енергій звичайних імпульсів ці імпульси практично не відрізняються від гігантських імпульсів, які були виявлені раніше у мілісекундних пульсарів.

**Two-Frequency Observations
of Six Pulsars Using UTR-2
and GEETEE Radio Telescopes**

**O. M. Ulyanov, A. Deshpande,
V. V. Zakharenko, A. Asgekar,
and U. Shankar**

Six pulsars (B0809+74, B0823+26, B0834+06, B0943+10, B0950+08, and B1133+16) were observed simultaneously and quasi-simultaneously at the frequencies of 23.7 and 34.5 MHz (UTR-2 and GEETEE radio telescopes, respectively). For all said pulsars, anomalous intensities were detected which peak flux densities exceed analogous parameter for average profiles by factors of 20 to 1000. The analysis of the results obtained allows to assume that anomalous intensity pulses may have a relatively narrow generation mechanism in the low frequency range.

The pulse activities of the three simultaneously observed pulsars (B0823+26, B0943+10, and B1133+16) have no correlation at the corresponding time intervals. Anomalous intensity pulses are essentially narrower than the average profiles for all pulsars observed in this observation cycle. Practically, the energy properties of these pulses are similar to those of so-called giant pulses, which were detected for millisecond pulsars earlier.