

## КЛАССИФИКАЦИЯ ПУЛЬСАРОВ

---

В предыдущих главах упомянуто несколько моделей пульсаров. На самом деле число попыток описать основные особенности радиоизлучения этих объектов, было несравненно больше, и с каждой новой схемой возникал вопрос: а все ли пульсары однотипны по наблюдаемым характеристикам и тем процессам, которые протекают в их магнитосферах? В связи с этим неоднократно предлагалось разделить радиопульсары на различные группы по наблюдаемым признакам для лучшего понимания физических причин, вызывающих такие отличия. Чётко установленная классификация была бы несомненно важна при решении вопросов, связанных с происхождением, структурой, механизмами излучения и эволюцией пульсаров. В качестве примера, иллюстрирующего важность подобного рода исследований, можно привести построение диаграммы Герцшпрунга–Рессела, описывающей зависимость абсолютной звёздной величины (светимости) от спектрального класса (эффективной температуры) звезды. Положение на этой диаграмме позволяет астрофизику понять происхождение звезды, её внутреннее строение, источники энергии и предсказать её дальнейшую эволюцию. Известное в настоящее время число пульсаров (примерно 1500) на несколько порядков уступает числу звёзд, поэтому классификация пульсаров основывается на более бедной статистике. Однако важность выделения различных классов столь велика, что уже сейчас подобного рода исследования крайне необходимы. В данной главе представлены известные попытки разделения пульсаров на группы (классы) по различным параметрам, проводится их сопоставление между собой и со всей совокупностью результатов наблюдений, а также предлагается и обосновывается собственная схема классификации пульсаров.

## 1. ЭЖЕКТИРУЮЩИЕ И АККРЕЦИРУЮЩИЕ ПУЛЬСАРЫ

В 1970 г. Шварцман [141] высказал гипотезу о существовании двух типов пульсаров: с выбросом частиц с поверхности нейтронной звезды и с аккрецией вещества из межзвёздной среды. Так как со временем скорость вращения нейтронной звезды уменьшается (и к тому же её магнитное поле должно ослабевать с возрастом звезды), то ослабевает также испускание частиц поверхностью и их ускорение, а следовательно, и светимость пульсара. После определённого момента он станет недоступен для наблюдателя. Уменьшение потока ускоренных частиц приведёт к уменьшению размера области, из которой «выметается» межзвёздный газ. Прекращение действия пульсарного ветра сделает возможной аккрецию – падение окружающего вещества на нейтронную звезду, его ускорение и высвечивание. Так образуется новый тип пульсара – аккрецирующий пульсар<sup>10</sup>. Если различие пульсаров двух типов вызывается их различными возрастами и механизмами высвечивания, то должны наблюдаться вполне определённые зависимости между их параметрами. В частности, при рассмотренном Шварцманом механизме генерации плазменных волн в магнитосфере аккрецирующих пульсаров должна наблюдаться зависимость  $v_m$  от светимости пульсара  $L_r$ :

$$v_m(\text{ГГц}) = 3 \cdot 10^7 (L_r / 10^{28} \text{ эрг/с}) n_\infty^{-1/4} (T_c / 10^5), \quad (1)$$

где  $n_\infty$  – число атомов водорода в  $1 \text{ см}^3$  на бесконечном расстоянии от нейтронной звезды,  $T_c$  – температура межзвёздной плазмы. К аккрецирующим можно отнести пульсары с  $P \geq 1 \text{ с}$  [141]. Используя для них известные значения частоты максимума [48] и светимости [61], получим

$$\lg v_m(\text{ГГц}) = (0,12 \pm 0,04) \lg L_r - 4,29 \pm 1,18. \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что зависимость между  $v_m$  и  $L_r$  практически отсутствует. К тому же функциональная связь  $v_m(L_r)$  оказывается совершенно другой.

---

<sup>10</sup>Здесь под аккрецирующими пульсарами подразумеваются пульсары, связанные с одиночными нейтронными звёздами. Существует целый класс рентгеновских пульсаров, процессы излучения и эволюции которых зависят от мощности звёздного ветра, испускаемого компаньоном. Мы здесь не рассматриваем подобного рода системы. Подробное описание взаимного влияния процессов аккреции и эжекции, протекающих вокруг нейтронных звёзд, можно найти в монографии Липунова [142].

Нужно подчеркнуть, что если различие пульсаров каким-то образом связано с темпом аккреции из межзвёздной среды, то должна наблюдаться разная величина их светимости в диске Галактики и за его пределами (значение  $L_r$  должно быть пропорционально плотности нейтрального водорода [143]). Данные по светимостям и  $z$ -координатам для 326 пульсаров [16] не показывают зависимости  $L_r(z)$  [70]. В диске и вне его не отличаются и средние характеристики пульсаров (для той же выборки):

$\langle \dot{P} \rangle = 0,86 \text{ с}$  и  $\langle dP/dt \rangle = 1,5 \cdot 10^{-14}$  при  $z > 160$  пк и  $\langle \dot{P} \rangle = 0,79 \text{ с}$  и  $\langle dP/dt \rangle = 10^{-14}$  при  $z < 160$  пк.

Приведённые соображения показывают, что различный темп аккреции из межзвёздной среды на пульсар не приводит к наблюдательным проявлениям для известной совокупности этих объектов и не может рассматриваться как классифицирующий параметр для этих объектов.

## 2. РАЗЛИЧИЕ ПУЛЬСАРОВ ПО НАБЛЮДАЕМЫМ ПРОФИЛЯМ ИМПУЛЬСОВ

Кроме описанной в первом разделе главы возможной классификации, основанной на ясных физических причинах, в процессе исследования пульсаров предлагались также феноменологические схемы их деления по каким-либо наблюдаемым параметрам. Первая такая схема была описана Тейлором и Хьюгенином [144]. Основываясь на том, что форма профилей на разных частотах у значительной части пульсаров качественно не отличается, они разделили все пульсары на две группы (S и C). В группе S импульсы имеют простой (simple), а в группе C сложный (complex), как правило, двухкомпонентный профиль. S-пульсары обладают в основном короткими периодами, малыми магнитными полями, слабой поляризацией и скачками в изменении позиционного угла. Для C-пульсаров характерны длинные периоды (часто  $P > 1 \text{ с}$ ), большие магнитные поля, высокая степень поляризации и плавный ход позиционного угла вдоль среднего профиля.

Эта схема в дальнейшем развивалась. Так, Бакер [145] ввёл кроме простых (S) и двухкомпонентных разрешённых (DR) профилей также двойные неразрешённые (double unresolved – DU), тройные (T – triple) и многокомпонентные (M – multiple) профили. Наиболее детальный анализ различий пульсаров в зависимости от вида их профилей проведён в работах Ранкин