

читатель в полной мере мог оценить приведенные ниже данные наблюдений, мы рекомендуем ему просмотреть приложение А, в котором описаны свойства *обычных* светящихся звезд. Такие звезды и служат спутниками компактных звезд в двойных рентгеновских системах.

В гл. 14 будет обсуждаться физика аккреции на компактные объекты.

## 13.2. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ

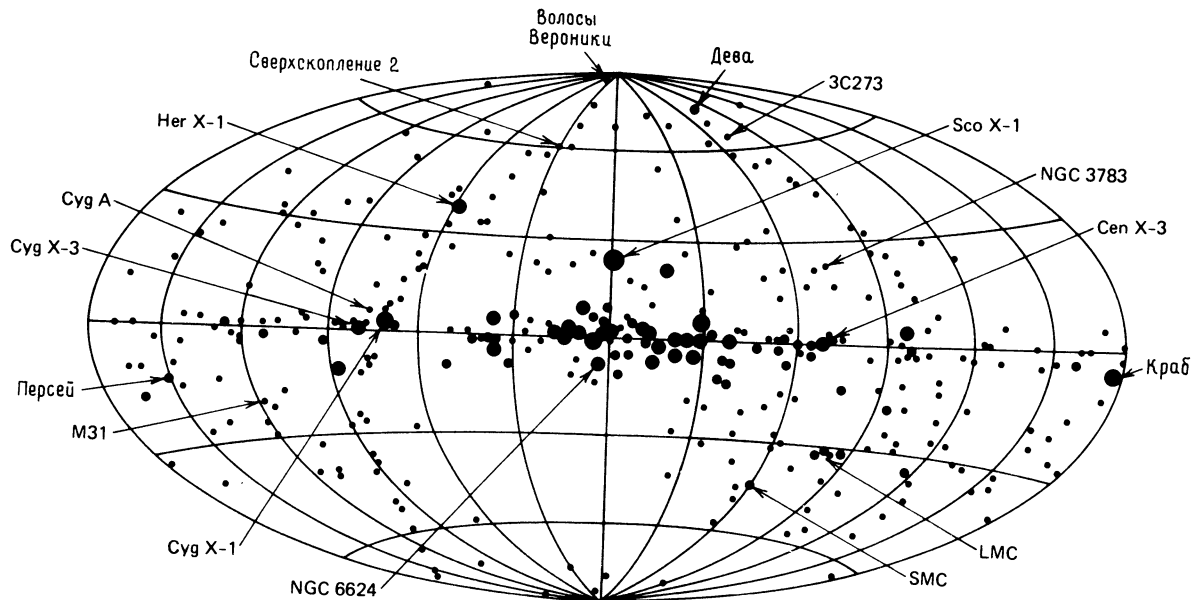
Распределение всех 339 рентгеновских источников, помещенных в четвертый каталог «Ухуру», показано на рис. 13.1, где представлены положения источников в галактических координатах. Совершенно очевидна концентрация сильных источников вдоль Млечного Пути, особенно на низких галактических широтах (плоскость Галактики соответствует галактической широте, тождественно равной нулю; центр Галактики лежит на галактической долготе, тождественно равной нулю). Источники на высоких галактических широтах значительно слабее, и многие из них можно отождествить с конкретными внегалактическими объектами. Исключениями являются Нег X-1 и Sco X-1, которые оба относятся к галактическим источникам. Нас здесь в основном интересуют *сильные* источники, которые составляют большинство отождествленных галактических источников.

В типичных случаях отождествленные источники расположены на расстояниях от Солнца в диапазоне 0,5—10 кпс. Значения светимостей лежат в интервале  $10^{33}$  —  $10^{38}$  эрг/с, начиная с энергий порядка 2—6 кэВ.

Известные двойные рентгеновские источники относятся по крайней мере к двум сильно различающимся типам звездных систем. Одна группа источников с отождествленными оптическими компонентами связана с поздними O- или ранними B-сверхгигантами — звездами, обладающими очень большими массами и светимостями (см. приложение А). Эти звезды сравнительно немногочисленны, время их жизни не превышает  $10^7$  лет. Такие молодые системы, относящиеся к населению I типа, связаны со спиральными рукавами и областями активного звездообразования вблизи плоскости Галактики. Примерами рентгеновских источников, относящихся к населению I типа и образующих двойные системы со сверхгигантами класса B0, являются Cyg X-1, Cen X-3 и 2U 0900—40.

Другая группа источников связана со звездами более поздних спектральных классов. Такие звезды по светимости, температуре и массе больше походят на Солнце. Эти звезды населения II типа с малой массой имеют большее время жизни, чем массивные O- и B-звезды; поэтому, как правило, они старше и распространены более широко. Рентгеновские источники, относящиеся к населению II типа, включают Нег X-1, Sco X-1, Cyg X-2 и Cyg X-3<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Двойная природа Sco X-1 — первого открытого источника такого типа, была доказана лишь в 1975 г. [151, 233].



*Рис. 13.1.* Рентгеновское небо. Источники представлены в галактических координатах. Плоскость Галактики соответствует широте  $0^\circ$ . Центр Галактики лежит в начале координат. Размер кружка, изображающего источник, пропорционален логарифму максимальной интенсивности источника [200].

Похоже, что большинство из 50 рентгеновских источников, расположенных в пределах  $30^\circ$  от центра Галактики, представляет собой определенный класс старых источников населения II типа с высокой светимостью. В эту группу входят и 11 известных источников, находящихся в шаровых скоплениях (по крайней мере девять из них дают рентгеновские всплески). Обычно эти объекты называют источниками «центральной галактической подсистемы»<sup>1)</sup> из-за их концентрации вблизи центра Галактики; они описываются ниже.

Найдено, что рентгеновское излучение всех источников является сильно переменным с характерными временами от миллисекунд до нескольких лет. Наблюдается как случайная, так и периодическая переменность. Возможный кандидат в черные дыры — Cyg X-1 — обладает сильной переменностью с характерными временами вплоть до миллисекунд.

### 13.3. РЕНТГЕНОВСКИЕ ПУЛЬСАРЫ В ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ

Рентгеновские источники, входящие в двойные системы и демонстрирующие *периодическую* переменность, называются *рентгеновскими пульсарами* в двойных системах (например, Her X-1). Они отличаются от непериодических переменных источников, например Cyg X-1.

Большая часть информации о галактических рентгеновских источниках была получена при изучении рентгеновских пульсаров, входящих в двойные системы. Знание профилей импульсов, периодов повторения импульсов и параметров орбит для таких систем обеспечило важнейшую информацию о физике аккрецирующих компактных звезд, особенно нейтронных звезд.

#### *а) Профили и периоды повторения импульсов*

Периоды повторения импульсов 19 известных рентгеновских пульсаров, входящих в двойные системы, лежат в диапазоне, перекрывающем три порядка величины: от 0,7 до 835 с (табл. 13.1). Профили импульсов характеризуются следующими особенностями [473]: 1) большая скважность — не менее 50% (сравните с 3% для типичных радиопулсаров); 2) переменность амплитуды в пределах 25—90%; 3) широкий диапазон форм от симметричных до сильно асимметричных; 4) отсутствие видимой зависимости морфологии импульса от периода. У некоторых источников (например, 4U 1626—67, 4U 0900—40) профили импульса существенно зависят от энергии, а у других (например, Her X-1, Cen X-3) базовый профиль импульса сохраняется в большом диапазоне энергий. Характерные профили импульсов 14 рентгеновских пульсаров показаны на рис. 13.2.

<sup>1)</sup> В тексте оригинала использован термин «Galactic bulge». — Прим. перев.