

УДК 524.352

КАТАЛОГ СВЕРХНОВЫХ ГАИШ И РАДИАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕРХНОВЫХ РАЗНЫХ ТИПОВ В ГАЛАКТИКАХ

© 2004 г. Д. Ю. Цветков*, Н. Н. Павлюк**, О. С. Бартунов***

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва

Поступила в редакцию 18.05.2004 г.

Представлено описание Каталога сверхновых ГАИШ. Показано, что радиальные распределения сверхновых типов Ia, Ibc и II различаются в центральных частях спиральных галактик и сходны во внешних областях, а распределение сверхновых Ia в эллиптических галактиках отличается от распределения в спиральных и линзовидных галактиках. Приведен список сверхновых, наиболее удаленных от центров галактик, дается оценка относительной частоты их вспышек и обсуждается их возможное происхождение.

Ключевые слова: астрономические каталоги, сверхновые, наблюдения, радиальные распределения сверхновых.

A SAI CATALOG OF SUPERNOVAE AND RADIAL DISTRIBUTIONS OF SUPERNOVAE OF VARIOUS TYPES IN GALAXIES, by D. Yu. Tsvetkov, N. N. Pavlyuk, and O. S. Bartunov. We describe the Sternberg Astronomical Institute (SAI) catalog of supernovae. We show that the radial distributions of type-Ia, type-Ibc, and type-II supernovae differ in the central parts of spiral galaxies and are similar in their outer regions, while the radial distribution of type-Ia supernovae in elliptical galaxies differs from that in spiral and lenticular galaxies. We give a list of the supernovae that are farthest from the galactic centers, estimate their relative explosion rate, and discuss their possible origin.

Key words: astronomical catalogs, supernovae, observations, radial distributions of supernovae.

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к исследованиям сверхновых (SN) за последнее время существенно возрос. Это обусловлено, наряду с другими причинами, использованием сверхновых типа Ia как “стандартных свеч” для построения шкалы расстояний и для космологических исследований и возможной связью SN Ibc с гамма-всплесками.

Было начато много новых программ поиска сверхновых, использующих современные ПЗС-приемники и автоматизированные телескопы, и число открытий за год выросло с 20–30 в 1980-х годах до примерно 300 в последние несколько лет.

В связи с этим особую актуальность приобретает сбор и систематизация данных о сверхновых, представление их в виде, удобном для статистических и других исследований.

Первые списки сверхновых появились в конце 1950-х годов и с ростом количества открытых объектов неоднократно обновлялись (Цвикки, 1958, 1965; Ковал, Саргент, 1971; Саргент и др., 1974). В каталогах Карпович и Рудницкого (1968), Флина и др. (1979) содержалась также полная библиография для каждого объекта. В последние 20 лет наибольшее признание получил Каталог сверхновых обсерватории Асиаго (Барбон и др., 1984, 1989, 1999), который, наряду с данными для сверхновых, содержал также основные сведения о галактиках, в которых они вспыхнули. Список сверхновых был включен в V том Общего каталога переменных звезд (Артюхина и др., 1995). В настоящее время постоянно обновляемые списки и каталоги сверхновых можно найти в сети Интернет. Наиболее полные данные содержит список сверхновых, поддерживаемый Центральным бюро астрономических телеграмм (<http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/lists/Supernovae.html>) и электронная версия каталога Асиаго (<http://web.pd.astro.it/supern>).

* Электронный адрес: tsvetkov@sai.msu.su

** Электронный адрес: pavlyuk@sai.msu.su

*** Электронный адрес: oleg@sai.msu.su

Исследования распределения сверхновых в галактиках представляют большой интерес для выяснения природы звездных населений, которые дают вспышки сверхновых определенного типа. Хотя в настоящее время уже непосредственно известны звезды-предсверхновые для нескольких SN II типа (SN 1987A, 1993J, 2003gd), вопрос о происхождении предсверхновых других типов во многом остается открытым. Особый интерес представляет возможное различие населений предсверхновых Ia в галактиках разных типов, которое может оказать влияние на результаты космологических исследований, осуществляемых с их помощью.

Несмотря на быстрое увеличение объема данных, за последние годы исследования распределений сверхновых в галактиках проводятся достаточно редко. После работы Бартунова и др. (1992), в которой приведены ссылки на более ранние статьи, отметим работы ван ден Берга (1997), Бартунова и Цветкова (1997), Ванга и др. (1997), Хоуэлла и др. (2000). Цветков и др. (2001) сравнили радиальные распределения гамма-всплесков и сверхновых типа Ibc.

Так как количество открытых SN за время, прошедшее после последних полных исследований радиального распределения, возросло более чем в два раза, новое исследование представляет большой интерес.

КАТАЛОГ СВЕРХНОВЫХ ГАИШ

Описание каталога

Для статистических исследований SN необходимо собрать данные о всех открытых сверхновых и о галактиках, в которых они вспыхнули.

Каталог сверхновых ГАИШ первоначально предназначался именно для статистических исследований; его составление было начато в 1986 г. на основании существующих списков сверхновых и данных, собранных из литературы. Описание одной из версий каталога дано Цветковым и Бартуновым (1993).

В текущей версии Каталога сверхновых ГАИШ собраны данные о 2780 внегалактических сверхновых, открытых с 1885 г. по 6 января 2004 г., и об их родительских галактиках. Каталог доступен в сети Интернет: <http://www.sai.msu.su/sn/sncat>, имеется также возможность непосредственного выбора данных каталога по ряду ключевых параметров (<http://www.sai.msu.su/cgi-bin/wdb-p95/sn/sncat/form>).

В каталоге представлены следующие данные:

- наименование сверхновой;
- наименование галактики;
- экваториальные координаты галактики для эпохи 2000.0;

- звездная величина галактики и ее источник;
- позиционный угол большой оси галактики;
- угол наклона галактики к картинной плоскости;
- лучевая скорость или красное смещение галактики;
- морфологический тип галактики в виде, принятом в каталоге RC3 (Вокулер и др., 1991); дополнительно отмечено вхождение галактики в двойную или тройную систему;
- десятичный логарифм отношения видимых осей галактики;
- десятичный логарифм видимой длины большой оси;
- численный код морфологического типа;
- класс светимости галактики;
- расстояния от центра галактики до сверхновой в направлениях север-юг и восток-запад, в сек. дуги;
- звездная величина сверхновой; дополнительно указано, является ли она величиной в максимуме блеска, определенной по кривой блеска, или оценкой в некоторый момент времени (чаще всего при открытии), тогда величина в максимуме может быть ярче; приводится также фотометрическая полоса (если она является одной из стандартных);
- дата максимума блеска SN;
- дата открытия SN;
- тип SN;
- экваториальные координаты SN для эпохи 2000.0;
- обозначение программы поиска или обсерватории, открывшей SN;
- имена открывателей.

Сверхновые расположены в порядке возрастания их порядковых номеров, присваиваемых Центральным бюро астрономических телеграмм Международного астрономического союза.

Первоначально основным источником данных о SN служат Циркуляры МАС, однако, если эти данные уточняются или изменяются в последующих работах, в каталог вносятся соответствующие изменения.

Отождествление родительских галактик SN, достаточно простое для ярких и близких объектов, становится все более затруднительным, так как в последнее время значительно возрастает число открываемых слабых и далеких SN. Кроме того, трудности возникают, когда SN вспыхивает в кратной системе галактик или пекулярной галактике. Поэтому в процессе составления Каталога для каждой SN исследуется участок неба вокруг нее по DSS (<http://archive.stsci.edu/dss/index.html>). Для определения наиболее вероятной родительской галактики, наряду с расположением на небе,

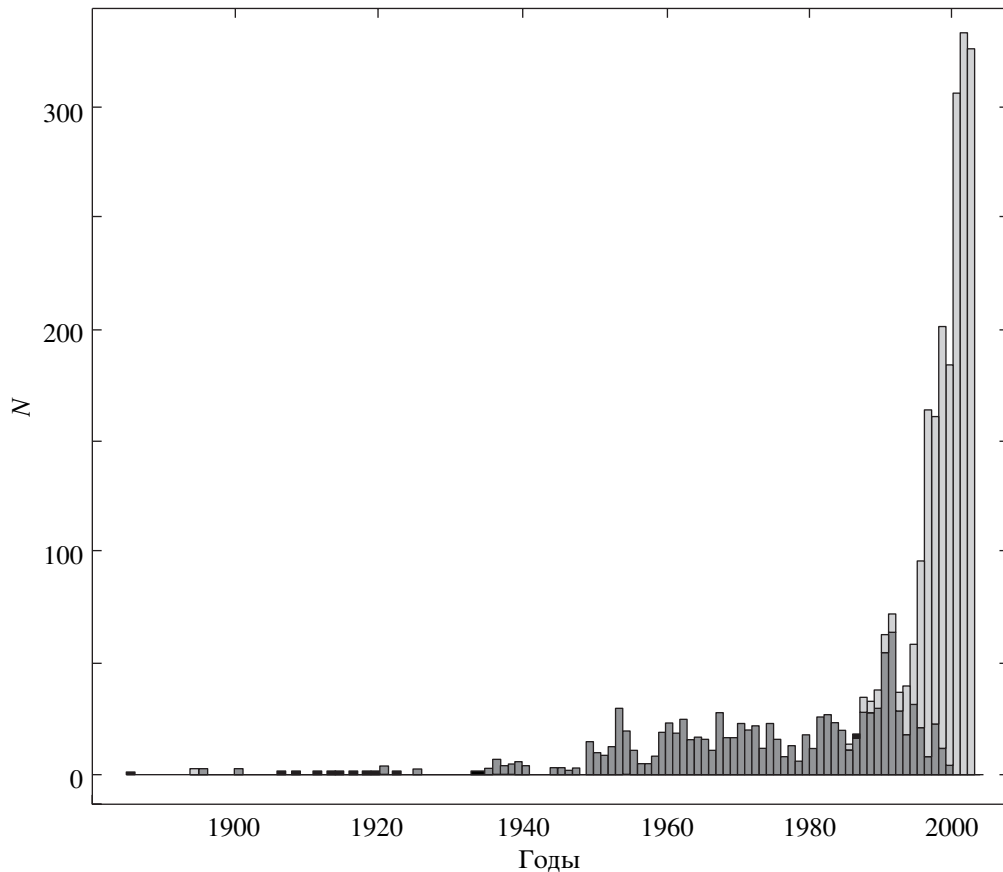


Рис. 1. Распределение открытий сверхновых по годам. Темной штриховкой выделены сверхновые, открытые фотографически.

используются также данные о лучевых скоростях и блеске галактики и сверхновой. Если родительская галактика кратная, это отмечается в описании типа галактики.

Основным источником данных о родительских галактиках была база данных LEDA (<http://www-obs.univ-lyon1.fr/hypercat>), однако лучевые скорости галактик (или красные смещения) брались из базы данных NED (<http://nedwww.ipac.caltech.edu>). Для большинства галактик звездные величины указывались согласно Каталогам UGC (Нильсон, 1973) и ESO (Лаубертс, 1982), для более слабых галактик — из базы данных LEDA, Каталога PGC (Патурель и др., 1989), а в случае отсутствия данных в этих источниках — из базы данных NED или из Циркуляров МАС.

В ряде случаев мы сверяли наши данные и данные Каталога сверхновых Асиаго и списка сверхновых Центрального бюро астрономических телеграмм, однако составление каталогов ведется независимо.

Некоторые статистические данные

На рис. 1 показано распределение открытий сверхновых по времени, причем выделены сверхновые, открытые с помощью фотографических наблюдений. Видно резкое увеличение числа открытий в середине 1990-х годов и еще один скачок в 2001 г. Фотографические поиски SN окончательно

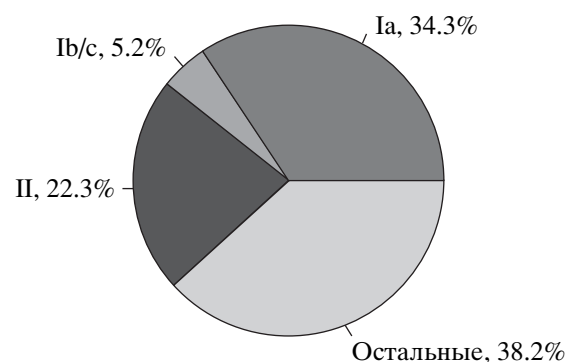


Рис. 2. Распределение сверхновых по типам.

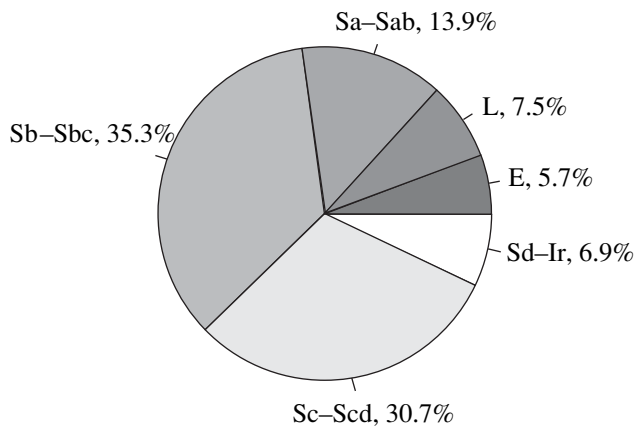


Рис. 3. Распределение сверхновых по морфологическим типам родительских галактик.

прекратились в 2000 г., однако уменьшение количества и доли сверхновых, открытых с помощью фотографии, началось после 1992 г.

Распределения по типам сверхновых и по типам галактик показаны на рис. 2, 3. Эти данные достаточно похожи на результаты Барбона и др. (1999).

Распределение сверхновых по величине красного смещения показано на рис. 4. Начатые в середине 1990-х годов программы поиска далеких сверхновых в основном открывают SN Ia с $0.3 < z < 1.0$, в то время как в ходе “обычных” программ открываются SN с $z < 0.1$, максимум их распределения — около $z = 0.02$.

Распределение сверхновых на диаграмме звездная величина — логарифм произведения скорости света на красное смещение показано на рис. 5. Звездные величины для большинства SN являются оценками в момент открытия и могут быть значительно больше величин в максимуме блеска. Видно, что линия, соответствующая $M = -19.5$, практически является верхней огибающей множества точек, выше и левее ее находится лишь несколько SN. Наиболее яркие SN II и SN Ibc лежат вблизи линии, и, следовательно, имеют почти такую же светимость в максимуме, как и SN Ia. Большой разброс в нижней левой части диаграммы обусловлен пекулярными скоростями галактик, а для SN, имеющих большие лучевые скорости и достаточно далеко смещенных левее и выше линии, красные смещения и величины определены неуверенно.

РАДИАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕРХНОВЫХ В ГАЛАКТИКАХ

Метод исследования

Метод исследования радиальных распределений практически не отличался от использованного

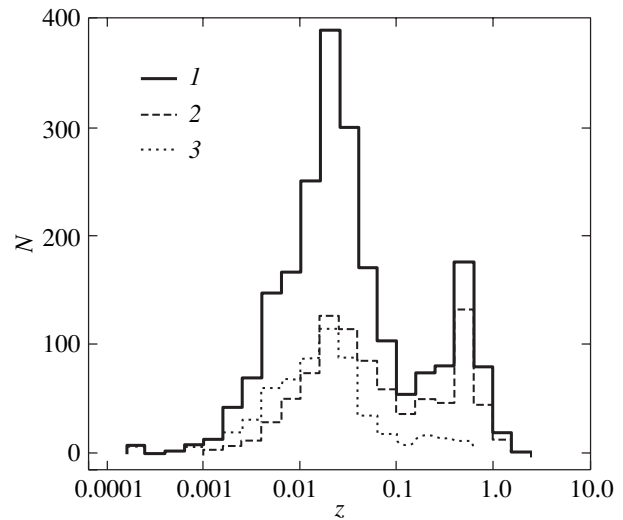


Рис. 4. Распределение сверхновых по красному смещению: 1 — все сверхновые, 2 — SN Ia, 3 — SN II.

нами ранее (Бартунов и др., 1992). Для каждой SN вычислялись следующие величины: относительное радиальное расстояние r и радиальное расстояние в килопарсеках R : $r = 2\sqrt{\Delta\alpha^2 + \Delta\delta^2}/D_{25}$; $R = V_r\sqrt{\Delta\alpha^2 + \Delta\delta^2}/206.3H_0$, где $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ — расстояния от SN до центра галактики, D_{25} — диаметр галактики до изофоты $25^m/\square''$, V_r — лучевая скорость галактики, H_0 — постоянная Хаббла, принятая равной $75 \text{ км с}^{-1}\text{Мпк}^{-1}$. Также вычислялось расстояние r_c , нормированное не на длину большой оси галактики, а на размер галактики вдоль радиус-вектора сверхновой: $r_c = r/\sqrt{\cos^2\theta + k^2\sin^2\theta}$, где θ — угол между радиус-вектором SN и большой осью галактики, k — отношение малой и большой видимых осей галактики. Для спиральных и линзовидных галактик r_c можно рассматривать как относительное расстояние, исправленное за наклон галактики, если SN находится в плоскости галактики. Расстояние в килопарсеках также можно исправить подобным образом: $R_c = Rr_c/r$. Затем строились гистограммы распределений SN и соответствующие зависимости поверхностной плотности σ от радиального расстояния. В отличие от наших предыдущих работ сглаживание данных не применялось; при вычислении поверхностной плотности в далеких от центра областях галактик увеличивались интервалы, в которых подсчитывалось число SN.

Выборки сверхновых

В выборки были включены сверхновые из галактик, для которых имелись сведения о морфологическом типе, видимых размерах и лучевой скорости, не входящих в двойные и кратные системы.

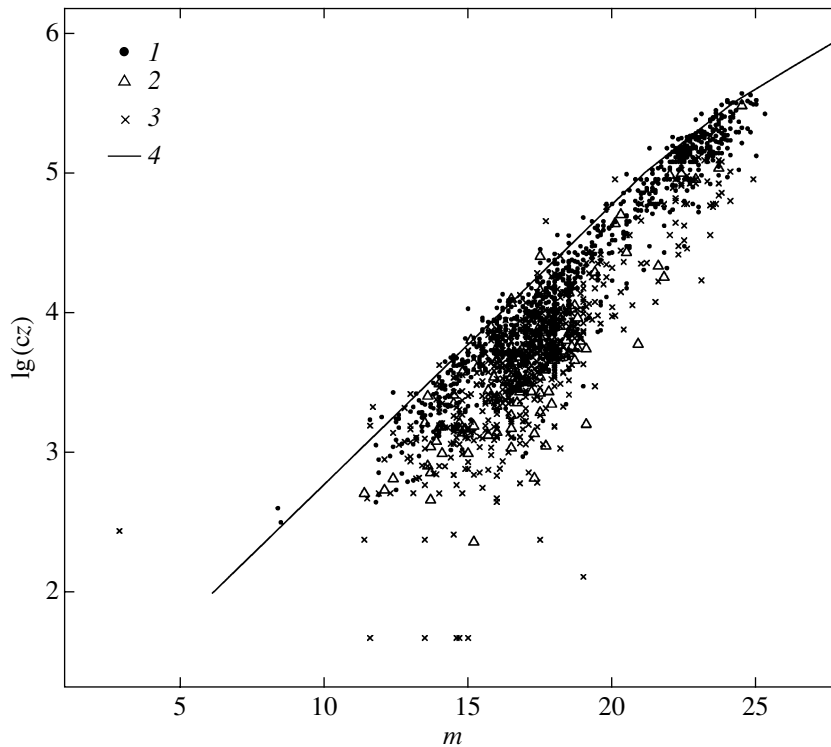


Рис. 5. Распределение сверхновых на диаграмме звездная величина—логарифм произведения скорости света на красное смещение: 1 — SN Ia, 2 — SN Ibc, 3 — SN II, 4 — положение объектов с $M = -19.5$ при $H_0 = 75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$, $q_0 = 0$.

Рассматривались только галактики с лучевой скоростью $V_r < 30000 \text{ км/с}$, спиральные и линзовидные галактики с углом наклона меньше 70° . Были построены распределения для следующих выборок (в скобках — количество SN в выборке):

ASCCD (515), AECCD (29), ALCCD (45) — все сверхновые, открытые соответственно в спиральных, эллиптических и линзовидных галактиках с помощью ПЗС и визуальных наблюдений;

ASPHOT (413), AEPHOT (32), ALPHOT (50) — все сверхновые, открытые соответственно в спиральных, эллиптических и линзовидных галактиках с помощью фотографических наблюдений;

ASCCDN (273), ASPHOTN (244) — сверхновые из выборок ASCCD и ASPHOT из галактик с $V_r < 5100 \text{ км/с}$;

ASCCDF (242), ASPHOTF (168) — сверхновые из выборок ASCCD и ASPHOT из галактик с $V_r > 5100 \text{ км/с}$;

IAS (231) — сверхновые типа Ia из спиральных галактик;

IIS (343) — сверхновые типа II из спиральных галактик;

IBCS (88) — сверхновые типа Ibc (включая типы Ib, Ic и Ib/c) из спиральных галактик;

IASCCDN (66) — сверхновые типа Ia из выборки ASCCDN;

IISCCDN (142) — сверхновые типа II из выборки ASCCDN;

IBSCCCDN (46) — сверхновые типа Ibc из выборки ASCCDN;

AE (61) — все сверхновые из эллиптических галактик;

AL (95) — все сверхновые из линзовидных галактик.

Сравнение показало, что для наших выборок различие между распределениями по расстояниям r и r_c несущественно; в дальнейшем будут использоваться только распределения по r_c и R_c .

Эффекты селекции

Значительное увеличение числа SN позволило более надежно оценить эффекты селекции, влияющие на наблюдаемые распределения. Бартуновым и др. (1992), Хоуэллом и др. (2000) было показано, что при фотографическом поиске SN значительная часть сверхновых в центральных частях галактик теряется из-за передержки, причем с увеличением расстояния до галактик эффект усиливается. В выборке Бартунова и др. (1992) число SN, открытых при визуальных и ПЗС-наблюдениях, было

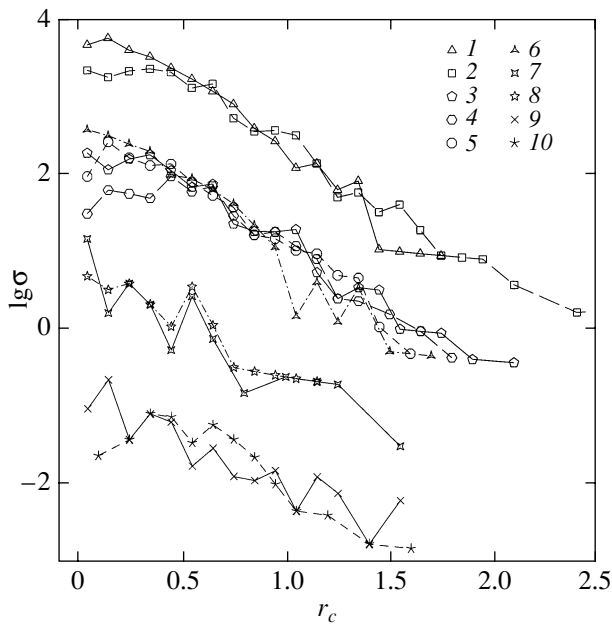


Рис. 6. Влияние эффектов селекции на радиальные распределения сверхновых. Приведены распределения для следующих выборок: 1 — ASCCD, 2 — ASPHOT, 3 — ASPHOTN, 4 — ASPHOTF, 5 — ASCCDF, 6 — ASCCDN, 7 — AECCD, 8 — AEPHOT, 9 — ALCCD, 10 — ALPHOT.

значительно меньше открытых фотографическими методами; в нашей выборке их число примерно одинаково, что позволяет осуществить исследование гораздо подробнее и надежнее. Результаты представлены на рис. 6. Сравнение зависимостей логарифма поверхностной плотности от относительного радиального расстояния для сверхновых в спиральных галактиках показывает, что при $r_c < 0.4$ часть SN действительно не обнаруживается фотографическими поисками, причем эта доля сильно зависит от расстояния. Если для выборки ASPHOT потеря составляет 21% SN от полного объема выборки, то для выборки ASPHOTF — 46%, а для ASPHOTN — 10%. Небольшая потеря SN в самых центрах спиральных галактик наблюдается и для выборки ASCCDF, она составляет около 7%. На рис. 6 видно, что для эллиптических галактик этот эффект меньше, он составляет примерно 6%. Для линзовидных галактик он примерно такой же, как для спиральных — около 32%. Однако эти оценки гораздо менее надежны, чем для спиральных галактик из-за существенно меньшего числа SN.

Эти результаты показывают, что не искаженную селекцией зависимость поверхностной плотности SN от относительного радиального расстояния можно получить, отобрав только сверхновые, от-

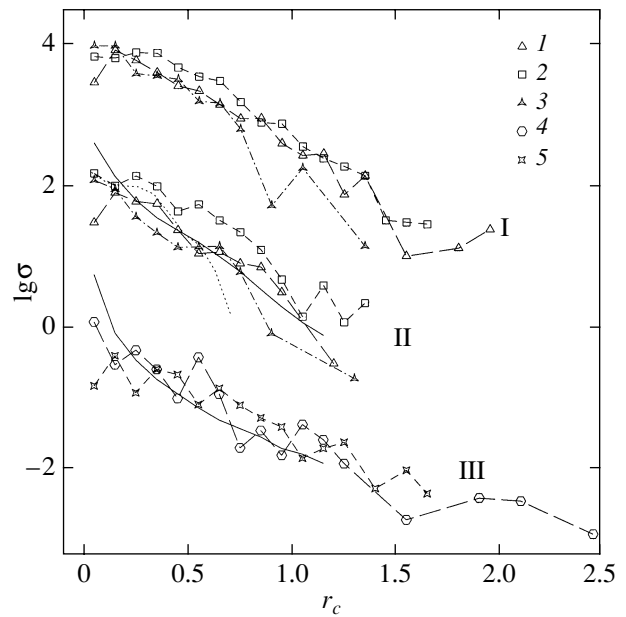


Рис. 7. Радиальные распределения сверхновых разных типов: 1 — SN Ia, 2 — SN II, 3 — SN Ibc. (I — выборки IAS, IIS, IBCS; II — выборки IASCCDN, IISCCDN, IBCSCCDN); 4 — выборка AE, 5 — выборка AL (сплошные линии: II — распределение светимости в “средней” спиральной галактике, III — в эллиптической галактике, пунктирная линия — распределение OB-ассоциаций и III-областей).

крытые с помощью ПЗС и визуальных наблюдений в близких галактиках.

Радиальные распределения

Радиальные распределения SN разных типов в спиральных галактиках и распределения всех SN в эллиптических и линзовидных галактиках показаны на рис. 7. Для сравнения приводятся зависимости поверхностной яркости от радиального расстояния для эллиптических и спиральных галактик, а также распределения OB-ассоциаций в M 33 и III-областей в NGC 3184 (описание и источники этих данных приведены Бартуновым и др. (1992) и Цветковым и др. (2001)).

Видно, что распределения SN разных типов, открытых с помощью ПЗС и визуально в близких галактиках, в центральных частях спиральных галактик существенно различаются. Наиболее интересная особенность распределений — пониженная плотность SN Ia в самых центральных областях спиральных галактик, впервые обнаруженная ван ден Бергом (1997) и Вангом и др. (1997). Также следует отметить быстрое падение плотности SN Ibc в центральных областях галактик и почти постоянную плотность SN II в интервале

$r_c < 0.5$. В области $r_c > 0.5$ распределения сверхновых разных типов практически одинаковы. Как и следовало ожидать, распределение SN II показывает большое сходство с распределением OB-ассоциаций и III областей, однако распределение SN Ibc от него сильно отличается. В то же время для полных выборок различие между SN Ibc и SN II значительно меньше, что указывает на большее влияние селекции на результаты для SN Ibc. Так как в работе Цветкова и др. (2001) использовалась только полная выборка SN Ibc, то понятно, почему в ней был сделан вывод о сходстве распределений SN Ibc и OB-ассоциаций и III областей. В действительности распределение SN Ibc в центральных областях галактик хорошо согласуется с распределением светимости. К сожалению, пока число сверхновых подтипов III, II, IIa, IIb недостаточно для исследования радиального распределения.

Зависимость поверхностной плотности сверхновых (в основном типа Ia) от радиуса в эллиптических галактиках сильно отличается от аналогичной зависимости для спиральных галактик. Здесь поверхностная плотность растет до самого центра и хорошо согласуется с распределением светимости. Однако в линзовидных галактиках распределение SN Ia такое же, как в спиральных.

Было осуществлено также исследование возможной зависимости скорости падения блеска SN Ia, характеризуемой величиной Δm_{15} , от r_c в спиральных галактиках. Никакой статистически значимой зависимости, как и в работе Иванова и др. (2000), не обнаружено.

Зависимости поверхностной плотности от расстояния до центров галактик, выраженного в килопарсеках, показаны на рис. 8. Они показывают те же особенности, что и распределения по r_c : пониженную плотность SN Ia в центрах спиральных и линзовидных галактик, постоянную плотность SN II в области $R_c < 5$ кпк, быстрое падение плотности SN Ibc в центральных областях галактик, практически одинаковое распределение SN всех типов в области $R_c > 5$ кпк.

Сверхновые, вспыхнувшие далеко от центров галактик

Особый интерес при исследовании радиального распределения сверхновых вызывают объекты, расположенные далеко за пределами оптического радиуса галактик. Впервые на них обратил внимание Тамманн (1974).

В последнее время были обнаружены межгалактические сверхновые Ia в скоплениях галактик; предполагается, что их доля может составлять около 20% (Гал-Ям и др., 2003).

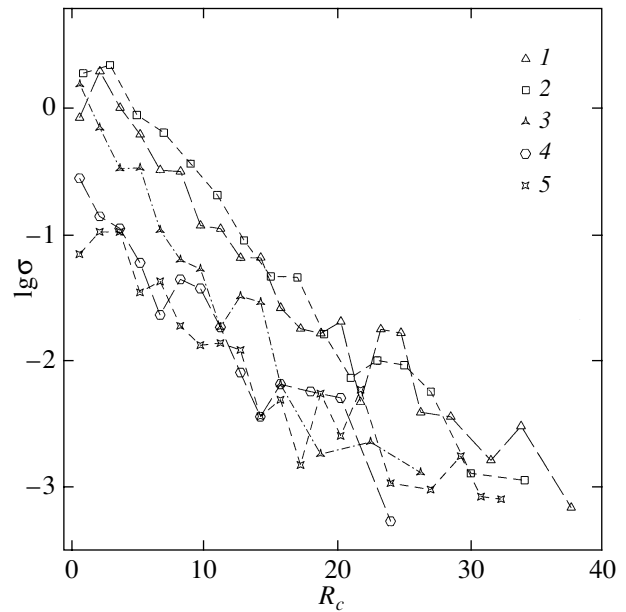


Рис. 8. Зависимости поверхностной плотности сверхновых разных типов от расстояния до центров галактик R_c в килопарсеках для следующих выборок: 1 — IAS, 2 — IIS, 3 — IBCS, 4 — AE, 5 — AL.

Сведения о сверхновых, наиболее удаленных от центров галактик ($r > 2$), приведены в таблице. Величины r_c и R_c для них не вычислялись, так как принадлежность этих SN дискам галактик маловероятна.

Большая часть этих сверхновых принадлежит к галактикам ранних типов, причем их доля от общего количества SN наших выборок в эллиптических, линзовидных и спиральных галактиках составляет, соответственно, 5%, 3% и 0.5%. Согласно Вокулеру и др. (1991), за пределами относительного радиуса $r = 2$ может находиться около 14% светимости эллиптических и около 2% светимости спиральных галактик. Таким образом, полученные нами оценки частоты встречаемости удаленных сверхновых не противоречат предположению, что они вспыхивают в далеком гало галактик, особенно протяженном у эллиптических галактик. Однако вспышки на таком далеком расстоянии сверхновых типов II и Ibc все же заслуживают особого внимания, так как присутствие в гало массивных звезд маловероятно.

SN IIP 1969L в NGC 1058 была отмечена Тамманном (1974); он получил глубокие фотографии галактики и обнаружил на них два необычных слабых, широких спиральных рукава. В одном из них и вспыхнула SN, причем этот рукав продолжался еще дальше места вспышки.

SN Ib 1997C вспыхнула в паре галактик NGC 3158–NGC 3160, очень близко к линии, соединяющей компоненты; расстояние от SN до

Сверхновые, наиболее удаленные от центров галактик

SN	Тип SN	Галактика	Тип галактики	r	R , кпк
1968Z		NGC 7768	E	2.17	50.4
1969L	II P	NGC 1058	Sc	2.66	9.7
1970L	I	NGC 2968	Sa	2.16	17.8
1971C		NGC 3904	E	2.78	28.0
1976L	I	NGC 1411	L	2.42	9.2
1980I	Ia	NGC 4374	E	2.46	35.2
1980M		ESO 366-G05	Sc	2.06	29.5
1982E		NGC 1332	L	2.89	31.0
1982X		UGC 4778	Sb	3.89	69.5
1992bo	Ia	ESO 352-G57	L	2.17	25.4
1997C	Ib	NGC 1360	Sbc	2.53	42.9

NGC 3160 примерно в два раза меньше расстояния от SN до NGC 3158. NGC 3158 — эллиптическая галактика, более чем на 2^m ярче NGC 3160. На изображениях DSS в месте вспышки SN никаких деталей с низкой поверхностной яркостью не заметно.

Таким образом, не исключено, что в этих случаях присутствие массивных звезд далеко за пределами оптического радиуса обусловлено пекулярностью галактики NGC 1058 и взаимодействием в паре NGC 3158—NGC 3160.

ВЫВОДЫ

Каталог сверхновых ГАИШ позволяет быстро и эффективно осуществлять статистические исследования SN. В качестве примера проведено исследование радиального распределения сверхновых в галактиках.

Показано, что радиальные распределения сверхновых трех основных типов: Ia, Ibс, II в центральных областях спиральных галактик существенно различаются. Только распределение SN II, как и ожидалось, согласуется с распределением молодых массивных звезд. Сверхновые Ibс, показывающие сходное с SN II распределение относительно областей звездообразования (Бартунов и др., 1994; Ван Дик, 1992), гораздо

сильнее концентрируются к центрам галактик, их распределение сходно с распределением светимости. Сверхновые Ia в спиральных и линзовидных галактиках имеют пониженную частоту вспышек в самых центральных частях, в то время как в эллиптических галактиках их распределение похоже на распределение светимости. Эти результаты трудно объяснить в рамках общепринятых представлений о природе предсверхновых Ibс и Ia.

Данные о сверхновых, наблюдавшихся далеко за пределами оптического радиуса галактик, показывают, что их доля достаточно мала, и эти вспышки могут происходить в гало галактик или в пекулярных и взаимодействующих системах. Однако желательно провести более подробное исследование мест вспышек этих SN (особенно SN II и SN Ibс), чтобы попытаться обнаружить находящееся там звездное население.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхина Н.М., Горанский В.П., Горыня Н.А. и др., *Общий каталог переменных звезд* (М.: Космосинформ, 1995), т. V.
2. Барбон и др. (R. Barbon, E. Cappellaro, F. Ciatti, *et al.*), *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **58**, 735 (1984).
3. Барбон и др. (R. Barbon, E. Cappellaro, and M. Turatto), *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **81**, 421 (1989).
4. Барбон и др. (R. Barbon, V. Buondi, E. Cappellaro, and M. Turatto), *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **139**, 531 (1999).
5. Бартунов, Цветков (O.S. Bartunov and D.Yu. Tsvetkov), *Thermonuclear Supernovae* (Ed. P. Ruiz-Lapuente *et al.*, Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1997), p. 87.
6. Бартунов и др. (O.S. Bartunov, I.N. Makarova, and D.Yu. Tsvetkov), *Astron. Astrophys.* **264**, 428 (1992).
7. Бартунов и др. (O.S. Bartunov, D.Yu. Tsvetkov, and I.V. Filipponova), *Publ. Astron. Soc. Pacific* **106**, 1276 (1994).
8. Ванг и др. (L. Wang, P. Hoflich, and J.C. Wheeler), *Astrophys. J. Lett.* **483**, L29 (1997).
9. Ван ден Берг (S. van den Bergh), *Astron. J.* **113**, 197 (1997).
10. Ван Дик (S.D. van Dyk), *Astron. J.* **103**, 1788 (1992).
11. Вокулер и др. (G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H.G. Corwin, *et al.*), *Third Reference Catalogue of Bright Galaxies* (N.-Y.: Springer-Verlag, 1991).
12. Гал-Ям и др. (A. Gal-Yam, D. Maoz, P. Guhathakurta, and A.V. Filippenko), *Astron. J.* **125**, 1087 (2003).
13. Иванов и др. (V.D. Ivanov, M. Hamuy, and P.A. Pinto), *Astrophys. J.* **542**, 588 (2000).
14. Карпович, Рудницки (M. Karpowicz and K. Rudnicki), *Preliminary Catalogue of Supernovae* (Warsaw: Warsaw Univ. Press, 1968).
15. Ковал, Саргент (C.T. Kowal and W.L.W. Sargent), *Astron. J.* **76**, 756 (1971).
16. Лаубертс (A. Lauberts), *The ESO/Uppsala Survey of the ESO (B) Atlas* (Garching: European Southern Observ., 1982).

17. Нильсон (P. Nilson), *Uppsala Astron. Observ. Ann.* **6** (1973).
18. Патурель и др. (G. Paturel, P. Fouque, L. Bottinelly, and L. Gouguenheim), *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **80**, 299 (1989).
19. Саргент и др. (W.L.W. Sargent, L. Searle, and S.T. Kowal), *Supernovae and Supernova Remnants* (Ed. С. В. Cosmovichi, Dordrecht: D. Reidel Publ. Company, 1974), p. 33.
20. Тамманн (G.A. Tammann), *Supernovae and Supernova Remnants* (Ed. С. В. Cosmovichi, Dordrecht: D. Reidel Publ. Company, 1974), p. 215.
21. Флин и др. (P. Flin, M. Karpowicz, W. Murawski, and K. Rudnicki), *Catalogue of Supernovae* (Warszawa: Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1979).
22. Хоуэлл и др. (D.A. Howell, L. Wang, and J.C. Wheeler), *Astrophys. J.* **530**, 1666 (2000).
23. Цветков, Бартунов (D.Yu. Tsvetkov and O.S. Bartunov), *Bull. Inform. CDS* **42**, 17 (1993).
24. Цветков Д.Ю., Блинников С.И., Павлюк Н.Н., Письма в Астрон. журн. **27**, 483 (2001).
25. Цвикки (F. Zwicky), *Handbuch der Physik* (Ed. S. Flugge, Berlin: Springer-Verlag, 1958), v. 51, p. 766.
26. Цвикки (F. Zwicky), *Stars and Stellar Systems* (Ed. L.H. Aller, M.C. McLaughlin, Chicago: Univ. Chicago Press, 1965), v. VIII, p. 367.