

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга

На правах рукописи

Бурлак Марина Андреевна

Исследование подсистемы новых звезд в Галактике

Специальность 03.02.01 – астрофизика, радиоастрономия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва, 2008

Работа выполнена на кафедре астрофизики и звездной астрономии физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Научные руководители:

академик РАН,
доктор физико-математических наук

Черепашук
Анатолий Михайлович
(ГАИШ МГУ)

кандидат физико-математических наук

Архипова
Вера Петровна
(ГАИШ МГУ)

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Самусь
Николай Николаевич
(Институт астрономии РАН)

кандидат физико-математических наук

Павленко
Елена Петровна
(КрАО)

Ведущая организация:

Казанский государственный университет
(КГУ)

Защита диссертации состоится 15 мая 2008 года в 14 часов на заседании Диссертационного совета по астрономии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, шифр Д501.001.86.

Адрес: 119992, Москва, Университетский проспект, 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ (Москва, Университетский проспект, 13)

Автореферат разослан " " 2008 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат физико-математических наук

Алексеев С.О.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Новые звезды всегда привлекали к себе внимание, благодаря многообразию физических процессов, связанных со вспышкой новой звезды: от взаимодействий элементарных частиц до эволюции тесной двойной системы. Для изучения этих процессов важно знать, как изменяется светимость новой звезды в течение вспышки, каков блеск в максимуме, как быстро новая ослабевает после максимума. Поскольку для новых звезд существует зависимость абсолютной величины в максимуме от скорости падения блеска после максимума, то знание фотометрических параметров вспышки дает возможность оценить расстояние и величину межзвездного поглощения света для новой, что особенно ценно в тех случаях, когда не удается получить искомые величины иными методами. Для галактических новых звезд, вспыхнувших до 1986 года, все опубликованные фотометрические данные собраны в библиографическом каталоге Дюрбека (Дюрбек, 1987). Для более поздних новых, не вошедших в каталог Дюрбека, не существует единого каталога данных.

Для изучения новой звезды необходимо знать величину межзвездного поглощения света. Для новых звезд проблема определения межзвездного поглощения света стоит особенно остро. Во-первых, в Галактике новые концентрируются к галактической плоскости, где располагается основная часть поглощающей среды. Поэтому поглощение для многих из них может быть велико и пренебрегать им нельзя. Во-вторых, вспышка новой - это непредсказуемый процесс, и не всегда удается провести необходимые наблюдения на соответствующей стадии развития вспышки. В-третьих, новые звезды являются пекулярными нестационарными объектами, для них не подходит большинство надежных стандартных методов определения межзвездного поглощения. Если для отдельных новых удастся оценить величину межзвездного поглощения света достаточно точно, то для большинства новых звезд надежные оценки отсутствуют.

В последние годы все исследования пространственного распределения новых звезд в нашей Галактике и в соседних звездных системах ведутся в рамках концепции, высказанной Дюрбеком (1990), о существовании двух физически разных населений новых звезд, которые обладают различным распределением в Галактике, а их предшественники, возможно, качественно отличаются друг от друга. Считается, что быстрые

яркие новые вспыхивают на белых карликах с массой, превышающей солнечную, и относятся к населению диска, а медленные слабые новые вспыхивают на менее массивных белых карликах и являются объектами балджа/толстого диска. В настоящее время данная концепция широко используется практически во всех исследованиях, посвященных новым звездам. В частности, на основе этой гипотезы оценивается частота вспышек новых в нашей и в соседних галактиках, что, в свою очередь, необычайно важно для понимания природы новых звезд, а также химической эволюции Галактики, истории звездообразования, эволюции тесных двойных систем. Однако выводы о разделении классических новых звезд на два класса были получены рядом авторов при рассмотрении очень ограниченного количества хорошо изученных новых, с известными кривыми блеска, расстояниями, поглощением, спектральной эволюцией. Таких звезд мало (Делла Валле и Ливио (1998) – 27 новых). Как правило, это близкие объекты, для которых удалось измерить угловое расширение оболочки.

Цель работы – изучить распределение недавно вспыхнувших новых звезд в Галактике по z -координате, чтобы проверить концепцию двух населений новых: новых диска и новых балджа. Для решения основной задачи потребовалось собрать необходимые наблюдения, построить кривые блеска, получить надежные оценки расстояния и межзвездного поглощения света, построить пространственное распределение для новых с разной скоростью падения блеска и сделать вывод о состоятельности гипотезы двух типов населений.

Основные результаты, выносимые на защиту

1. Кривые блеска 80 новых, вспыхнувших в Галактике в 1986-2006 гг. Фотометрические параметры, определенные по кривым блеска 64 новых: видимая звездная величина в максимуме блеска, времена падения блеска t_2 и t_3 .
2. Оценки расстояния и межзвездного поглощения света, полученные для 64 галактических новых с использованием карт поглощения Шарова и Шлегеля и др.
3. Карты Шлегеля и др. по надежности оценок межзвездного погло-

щения света для объектов, расположенных далее 100 пк от галактической плоскости, превосходят карты Шарова, благодаря своему более высокому разрешению. Однако необходимо использовать карты Шарова для объектов на малой галактической высоте, когда важно учитывать изменение межзвездного поглощения с расстоянием.

4. Построенное распределение новых по z -координате не показало сильной концентрации быстрых новых к галактической плоскости, которая предсказывается гипотезой о существовании двух населений новых. Значительное число быстрых новых имеет $z > 1000$ пк.
5. Вывод о том, что не удается объяснить большое число быстрых новых на значительном удалении от галактической плоскости только погрешностями фотометрических измерений. Однако характер распределения быстрых новых по z -координате очень сильно зависит от точности определения фотометрических параметров. Относительно малое число быстрых новых, расположенных вблизи галактической плоскости, объясняется сильной наблюдательной селекцией, основной причиной которой является межзвездное поглощение света.
6. Вывод о малом влиянии погрешностей наблюдений на распределение медленных новых по z -координате.
7. Применение критерия Колмогорова-Смирнова для проверки гипотезы о существовании двух типов населений новых, подчиняющихся различным распределениям по z -координате, показало, что данная гипотеза верна с вероятностью 95.6%.

Научная новизна работы. Результаты диссертации, выносимые на защиту, являются новыми. Впервые для 80 новых звезд, вспыхнувших в 1986-2006 годах построены кривые блеска в единой фотометрической системе, для 64 звезд определены фотометрические параметры, оценены расстояние и величина межзвездного поглощения света с использованием карт Шарова (1963) и Шлегеля и др.(1998), построено распределение новых по высоте над галактической плоскостью. На основании полученных данных проведено сравнение карт межзвездного поглощения света Шарова (1963) и Шлегеля и др. (1998). Впервые исследованы ограничения на применение указанных карт при оценке межзвездного поглощения

света для новых звезд. Впервые построено пространственное распределение достаточно большого числа новых звезд в Галактике.

Научная и практическая ценность работы.

Данная работа значительно увеличила число новых, которые можно использовать при изучении пространственного распределения новых звезд в Галактике. Особую ценность представляет собой методика получения и обработки данных, которая позволила добиться статистической однородности результатов для большого числа звезд. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут оказаться полезными в дальнейших исследованиях пространственного распределения новых звезд, а также при изучении природы новых звезд, вообще. Выводы относительно применимости карт межзвездного поглощения света в полной мере справедливы и для переменных других типов, для звезд с эмиссионными линиями и иных пекулярных объектов.

Апробация результатов.

Основные результаты диссертации докладывались

– на Семинаре–конкурсе аспирантских и студенческих докладов, СПбГУ, 20 сентября 2006 года (С.-Петербург, Россия)

Структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и списка литературы. Общий объем работы составляет 97 страниц, диссертация содержит 32 рисунка, 12 таблиц, список цитируемой литературы включает в себя 72 ссылки.

Содержание работы

Во **Введении** дается краткое современное представление о природе классических новых звезд и более подробно обсуждаются те свойства новых звезд, по которым в настоящее время принято разделять новые на два класса, а именно: светимость в максимуме блеска, скорость падения блеска, спектральная эволюция, масса предшественников, пространственное распределение в галактиках. Сделан обзор наиболее важных, на взгляд автора, работ, посвященных гипотезе о двух типах населений новых. Также обосновывается актуальность работы, сформулирована основная ее цель, представлены выносимые на защиту результаты.

В **Главе 1** обсуждаются сбор и обработка материала для дальней-

ших исследований, обосновывается выбор визуальных наблюдений. Проводится сравнение фотоэлектрических наблюдений, выполненных в полосе V разными авторами, и визуальных наблюдений, предоставленных Американской ассоциацией наблюдателей переменных звезд (AAVSO). Показано, что оценки блеска, полученные для одной звезды разными наблюдателями в течение одних суток, распределены нормально. Средняя погрешность оценок характеризуется величиной стандартного отклонения $\sigma_m = 0^m.2$. Далее по визуальным оценкам наблюдателей AAVSO были построены кривые блеска для 80 новых звезд, вспыхнувших в 1986–2006 гг. Чтобы выявить подробный ход кривой блеска и облегчить определение фотометрических параметров, кривые блеска практически всех новых сглаживались с интервалом 1 день.

По сглаженным кривым блеска для 64 новых были определены следующие фотометрические параметры: видимая звездная величина новой в максимуме m_{vis} , время падения блеска на 2^m и на 3^m от величины в максимуме (t_2 и t_3 , соответственно). Для всех этих звезд построенные кривые блеска удовлетворяют следующему требованию: наличие более или менее выраженного максимума и последующего ослабления блеска, возможно, с колебаниями, со вспышками, с минимумами или вторичными максимумами. Кривые блеска остальных звезд не позволили получить искомые величины. Приводятся общие правила, которыми автор руководствовался при определении фотометрических параметров в случае кривых блеска с особенностями (вспышки, глубокое ослабление блеска, связанное с образованием пыли, вторичный максимум, колебания блеска). Здесь же приведены все 80 кривых блеска, а также фотометрические параметры для 64 новых звезд.

Для новых звезд существует зависимость абсолютной величины в максимуме от скорости падения блеска после максимума, которая неоднократно пересматривалась. В настоящей работе для нахождения видимого модуля расстояния использовалось эмпирическое соотношение из работы Коэн (1985) $M_V = -10.66 + 2.31 \lg t_2$. Как и прочие подобные соотношения, оно позволяет получить надежные расстояния только в статистическом смысле. Для индивидуальных объектов ошибка может достигать $0.^m5$. Чтобы определить расстояния новых звезд, полученные видимые модули расстояния следовало еще исправить за межзвездное поглощение света.

Глава 2 посвящена определению межзвездного поглощения света и расстояний. Чтобы построить распределение новых по высоте над плоскостью Галактики, требовалось либо учесть межзвездное поглощение света, либо определить расстояние методом, не зависящим от поглощения. Рассматриваются наиболее надежные методы, которые обычно используются в случае новых звезд: метод бальмеровского декремента (для оценки межзвездного поглощения света), метод небулярных параллаксов, метод чернотельных параллаксов (для оценки расстояния). Поскольку ни один метод не может быть применен ко всем исследуемым новым, в настоящей работе величина межзвездного поглощения оценивалась с помощью карт межзвездного поглощения.

В работе сравниваются характеристики следующих карт межзвездного поглощения: Шарова (1963), Фицджеральда (1968), Неккеля и Кларе (1980), Арену и др. (1992), Шлегеля и др. (1998). Для достижения основной цели работы межзвездное поглощение для 64 новых звезд оценивалось двумя методами, по картам Шлегеля и др. (1998) и по картам Шарова (1963), и затем результаты сравнивались между собой. К достоинствам карт Шарова можно отнести наличие аналитической зависимости поглощения от расстояния и галактической широты. Но ограничение по расстоянию, недостаточное пространственное разрешение, не учитывающее локальные вариации распределения поглощающей материи, дают ненадежные величины поглощения для индивидуальных объектов. Оценки, полученные таким способом, верны лишь в статистическом смысле. Карты Шлегеля и др. получены комбинированием данных миссии IRAS и эксперимента DIRBE с сохранением калибровки DIRBE и разрешения IRAS ($\sim 5'$). На картах Шлегеля и др. дается оценка максимального поглощения пыли на луче зрения в данном направлении в Галактике.

При использовании карт Шлегеля и др. межзвездное поглощение для каждой новой принималось равным максимально возможному в данном направлении, расстояние вычислялось по формуле, связывающей расстояние, поглощение, видимую и абсолютную звездные величины. Расстояния, полученные таким образом, могут быть занижены. Это будет особенно заметно для объектов с малой галактической широтой.

При использовании карт Шарова (1963) для каждой новой графически решалась система двух уравнений с двумя неизвестными: расстояние

и величина межзвездного поглощения света. Поскольку в работе Шарова поглощение света известно лишь до некоторого расстояния, то полученная этим методом оценка поглощения будет нижней, а расстояния – верхней, если звезда находится дальше этого расстояния.

Для 64 новых с помощью двух карт были определены расстояние и поглощение света. Выбор между двумя наборами значений расстояний и поглощения был основан на модели глобальной структуры поглощающей среды в Галактике, согласно которой большая часть поглощающего вещества сосредоточена в достаточно тонком слое (полутолщиной около 100 пк), расположенном вдоль галактической плоскости. В направлении, перпендикулярном плоскости, плотность пыли быстро падает. Если звезда имеет z -координату меньше 100 пк, то поглощение набирается вдоль всего луча зрения, и, все равно, оно окажется меньше максимально возможного для данного направления, приводимого в работе Шлегеля и др. Для объектов с z -расстоянием менее 100 пк, было решено принять поглощение и расстояние, полученные с помощью карт Шарова. Если же высота звезды над плоскостью Галактики больше 100 пк, то все имеющееся поглощение набирается внутри поглощающего слоя вблизи плоскости Галактики, а на остальном отрезке пути свет звезды практически не испытывает поглощения. Для таких объектов разумнее принять поглощение и расстояние, полученные по картам Шлегеля и др. В итоге, для 50 новых было принято поглощение Шлегеля и др., а для 14 – поглощение Шарова.

Глава 3 посвящена пространственному распределению новых звезд. Рассматривается гипотеза о существовании двух населений новых звезд, подчиняющихся разным распределениям в Галактике, обсуждаются результаты исследований других авторов, поддерживающие данную гипотезу и ставящие ее под сомнение. Далее для 64 исследуемых в настоящей работе новых были определены высоты над галактической плоскостью. Для проверки гипотезы новые разделяются на две группы по скорости падения блеска после максимума: в группу быстрых вошло 17 объектов с t_z , не превышающим 20 сут, остальные 47 составили группу медленных. Для новых из каждой выборки было построено распределение по z -координате. Полученное распределение сравнивается с аналогичным из работы Делла Валле и Ливио (1998).

Вид распределения не согласуется с концепцией о существовании двух

населений новых. Быстрые новые не показывают сильной концентрации к плоскости Галактики: только 6 из 17 объектов располагаются в слое, с полутолщиной 200 пк, тогда как остальные быстрые новые распределены достаточно равномерно до $z \sim 4000$ пк. Медленные новые представляют собой подсистему с бóльшей концентрацией к Галактической плоскости и не встречаются на высотах, превышающих 1700 пк.

Проводится анализ влияния выбора межзвездного поглощения света на вид распределения, делается вывод, что несмотря на существенные различия расстояний, определенных с помощью карт межзвездного поглощения света Шарова, и расстояний, полученных по картам Шлегеля и др., вид распределения быстрых новых по z -координате качественно не меняется при замене одних расстояний другими.

Анализируется влияние погрешностей фотометрических измерений на вид пространственного распределения. Рассматриваются некоторые следствия пропуска максимума блеска (переоценка видимого модуля расстояний, переход быстрых новых в группу медленных). Автор приходит к выводу, что распределение медленных новых по z -координате менее подвержено влиянию погрешностей наблюдений, тогда как характер распределения быстрых новых существенно зависит от точности оценок фотометрических параметров. Однако погрешности фотометрических измерений не могут объяснить большое число быстрых новых на значительном удалении от галактической плоскости. Возможное объяснение заключается в следующем: большое число быстрых новых на малых галактических широтах вообще не обнаруживается из-за того, что вблизи плоскости Галактики очень много звезд и высока плотность поглощающей среды. Другими словами, дело не в том, что в полученном распределении оказалось много быстрых новых звезд на большом удалении от плоскости Галактики, а в том, что их оказалось очень мало вблизи нее. А это, в свою очередь, объясняется сильнейшей наблюдательной селекцией.

Чтобы сделать окончательный вывод о согласии полученных результатов с гипотезой о двух типах населений был применен критерий Колмогорова-Смирнова (Холлендер, Вулф, 1983), который показал, что гипотеза верна с вероятностью 95.6%. Однако критерий указывает лишь на неидентичность двух совокупностей, и ничего не говорит о характере их распределений.

В **Заключении** приведены основные выводы работы.

В **Приложении** представлены результаты спектральных наблюдений семи из исследованных в данной работе новых: V 475 Sct (2003), V 5114 Sgr (2004), V 5115 Sgr, V 1663 Aql и V 476 Sct (2005), V 2576 Oph и V 2362 Cyg (2006). Спектральные наблюдения проводились в 2003–2006 годах на 125-см рефлекторе Крымской станции ГАИШ. Проведено отождествление спектральных линий, по некоторым линиям измерены скорости расширения оболочки, для некоторых новых прослежена эволюция спектра.

Список публикаций по теме диссертации

1. Архипова В.П., Бурлак М.А., Есипов В.Ф. "Изучение оболочки новой V 705 Cas 2000, Письма в *Астрономический журнал*, 26, 437-443
2. Бурлак М.А., Есипов В.Ф. "Спектральное исследование оболочки повторной новой CI Aql 2001, Письма в *Астрономический журнал*, 27, 674-681
3. Архипова В.П., Бурлак М.А., Есипов В.Ф. "Спектральные исследования трех новых звезд 2002, Письма в *Астрономический журнал*, 28, 118-132
4. Бурлак М.А., Хенден А.А. "Определение фотометрических параметров галактических новых звезд по визуальным кривым блеска 2008, Письма в *Астрономический журнал*, 34, 270-277
5. Бурлак М.А. "Определение межзвездного поглощения света и расстояния для галактических новых звезд 2008, Письма в *Астрономический журнал*, 34, 278-284
6. Бурлак М.А. "Распределение новых звезд по высоте над плоскостью Галактики 2008, Письма в *Астрономический журнал*, 34 (препринт arXiv:0712.2961)

Личный вклад автора в совместные работы. В работах 1–3 автором была проведена обработка спектральных наблюдений, получены результаты, автор внес основной вклад в интерпретацию результатов и написание статей. В работах 2,3 автор также участвовал в спектральных

наблюдениях. В статье 4 автором были выполнены все этапы работы, кроме фотометрических наблюдений и их первичной обработки.

Список литературы

1. Арену и др. (F. Arenou, M. Grenon, A. Gómez), *Astron. Astrophys.* **258**, 104 (1992).
2. Делла Валле, Ливио (M. Della Valle, M. Livio), *Astrophys. J.* **506**, 818 (1998).
3. Дюрбек (H.W. Duerbeck), *A Reference Catalogue and Atlas of Galactic Novae*, *Sp. Sc. Review* **45**, 1 (1987).
4. Дюрбек (H.W. Duerbeck), *The Physics of Classical Novae*, Eds. A. Cassatella, R. Viotti (Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1990).
5. Коэн (J.G. Cohen), *Astrophys. J.* **292**, 90 (1985).
6. Неккель, Кларе (T. Neckel, G. Klare), *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **42**, 251 (1980).
7. Фицджеральд (M.P. FitzGerald), *Astron. J.* **73**, 983 (1968).
8. Холлендер М., Вулф Д., *Непараметрические методы статистики*, Москва (1983).
9. Шаров А.С., *Астрон. ж.* **5**, 900 (1963).
10. Шлегель и др. (D.J. Schlegel, D.P. Finkbeiner, M. Davis), *Astrophys. J.* **500**, 525 (1998).