

УДК 524.622

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАССТОЯНИЯ ОТ СОЛНЦА ДО ЦЕНТРА ГАЛАКТИКИ

© 2013 г. З. М. Малкин\*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук,  
Санкт-Петербург, Россия*

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

Поступила в редакцию 26.05.2012 г.; принята в печать 06.06.2012 г.

Исследован вопрос о присутствии так называемого “эффекта присоединения к большинству” (ЭПБ, “bandwagon effect”) в результатах определения величины расстояния от Солнца до центра Галактики  $R_0$ , на который было указано рядом авторов и который проявляется в селекции публикуемых результатов по критерию близости к ожидаемым значениям. Отмечается, что численная оценка систематической ошибки  $R_0$ , вызываемой ЭПБ, затруднительна, однако можно с большой вероятностью предположить, что в случае существенного отличия общепринятых величин от истинного значения публикуемые результаты даже при наличии ЭПБ должны со временем приближаться к истине. Это должно проявляться в тренде опубликованных значений  $R_0$ , и если этот тренд статистически значим, можно предполагать присутствие в данных результатах ЭПБ. Проведен соответствующий анализ 52 результатов определения  $R_0$ , опубликованных за последние 20 лет. Оказалось, что в этих данных отсутствует статистически значимый тренд, что позволяет сделать вывод о маловероятности присутствия в них систематической ошибки, обусловленной ЭПБ. В то же время найдено статистически значимое уменьшение ошибок определения  $R_0$  со временем.

DOI: 10.7868/S0004629913020072

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Знание точного значения расстояния от Солнца до центра Галактики  $R_0$  имеет важное значение для многих задач в области строения и эволюции Вселенной и астрометрических приложений. В частности, побудительным мотивом автора для изучения точности определения  $R_0$  явилась необходимость уточнения влияния Галактической абберации на собственные движения радиисточников [1].

Как и в любые величины, определяемые их наблюдений, результаты определения  $R_0$  имеют случайные и систематические ошибки. Именно систематические ошибки наиболее опасны с точки зрения применения этих результатов в различных приложениях. Они могут вызываться инструментальными и методическими ошибками или ошибками теории, используемой для интерпретации измеренных значений. Но бывают также и субъективные ошибки, не имеющие отношения к точности наблюдений или их обработки. Одной из таких ошибок является “эффект присоединения к большинству” (ЭПБ, в англоязычной литературе “bandwagon effect”). Он заключается в том, что из полученных результатов измерений публикуются только те, что

соответствуют ожидаемым, т.е. отличаются от общепринятых или просто опубликованных ранее на “разумную” (обычно небольшую) величину. Однако учитывая, что подавляющая часть опубликованных данных честно получена из наблюдений, даже отфильтрованные в результате публикационной селекции величины будут постепенно приближаться к истинному значению. Поэтому наличие тренда в опубликованных определениях некоторой величины может служить индикатором наличия ЭПБ (разумеется, с учетом возможности реального изменения этой величины со временем).

В нашем случае многие авторы обзоров по определениям  $R_0$  (например, [2–4]) высказывают подозрение на присутствие ЭПБ и полагают, что его влияние может вызывать существенную систематическую ошибку  $R_0$ . К такому выводу они пришли именно исходя из систематического изменения опубликованных величин  $R_0$  со временем. Однако найденные в этих работах тренды плохо согласуются между собой, что более детально обсуждается в разделе 3. К тому же многие результаты относятся к старым публикациям, практически потерявшим свою актуальность. Настоящее исследование предпринято с целью прояснить вопрос о наличии значимых изменений в опубликованных

\*E-mail: malkin@gao.spb.ru

**Таблица 1.** Значения  $R_0$ , для которых приводятся случайные и систематические ошибки

Работа	$R_0$ , кпк
[14]	$7.52 \pm 0.10  _{stat} \pm 0.35  _{syst}$
[15]	$7.94 \pm 0.37  _{stat} \pm 0.26  _{syst}$
[16]	$8.07 \pm 0.32  _{stat} \pm 0.13  _{syst}$
[13]	$8.33 \pm 0.17  _{stat} \pm 0.31  _{syst}$
[17]	$8.28 \pm 0.15  _{stat} \pm 0.29  _{syst}$
[18]	$8.24 \pm 0.08  _{stat} \pm 0.42  _{syst}$
[19]	$8.3 \pm 0.46  _{stat} \pm 1.0  _{syst}$

**Таблица 2.** Усредненные значения  $R_0$

Работа	$R_0$ , кпк	
[20]	$8.7 \pm 0.7$	$8.9 \pm 0.7$
[21]	$7.6 \pm 0.4$	$8.3 \pm 0.5$
[22]	$7.9 \pm 0.85$	$8.2 \pm 0.9$
[23]	$8.6 \pm 0.7$	$8.8 \pm 0.4$
[24]	$7.95 \pm 0.62$	$8.25 \pm 0.79$
[25]	$7.96 \pm 0.63$	$8.36 \pm 0.37$
[26]	$7.7 \pm 0.7$	$7.8 \pm 0.6$

значениях  $R_0$  со временем с использованием всех доступных результатов за последние 20 лет.

## 2. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ $R_0$

Для настоящей работы мы использовали результаты определений  $R_0$ , опубликованные с 1992 по 2011 гг. Интересующиеся более ранними данными могут найти их в обзорах [2, 3, 5, 6]. Были использованы все результаты, найденные в литературе, кроме уточненных авторами позднее. Так, не были использованы: результат [7], пересмотренный в [8], результат [9], пересмотренный в [10], результат [11], пересмотренный в [12], который в свою очередь был пересмотрен в [13].

В тех случаях, когда авторы приводили оценки и случайных ( $\varepsilon_{stat}$ ), и систематических ( $\varepsilon_{syst}$ ) ошибок, эти ошибки складывались в квадратуре как  $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{stat}^2 + \varepsilon_{syst}^2}$ . Соответствующие данные приведены в табл. 1.

В тех случаях, когда в работе приведены два варианта определения  $R_0$ , эти значения усреднялись. Такие результаты приведены в табл. 2.

Наконец, некоторые авторы приводят в качестве оценки точности не среднеквадратичную

**Таблица 3.** Результаты определения  $R_0$

$R_0$ , кпк	STD*	Работа	$R_0$ , кпк	STD*	Работа
7.9	0.8	[29]	8.05	0.6	[22]
8.1	1.1	[30]	8.3	0.3	[31]
7.6	0.6	[32]	7.7	0.15	[33]
7.6	0.4	[34]	8.01	0.44	[35]
8.09	0.3	[36]	8.7	0.6	[23]
7.5	1.0	[37]	7.2	0.3	[38]
7.0	0.5	[39]	7.52	0.36	[14]
8.8	0.5	[20]	8.1	0.7	[24]
7.1	0.5	[40]	7.4	0.3	[41]
8.3	1.0	[42]	7.94	0.45	[15]
8.21	0.98	[43]	8.07	0.35	[16]
7.95	0.4	[21]	8.16	0.5	[25]
7.55	0.7	[44]	8.33	0.35	[13]
8.1	0.4	[45]	8.7	0.5	[28]
8.5	0.5	[46]	7.58	0.40	[47]
7.66	0.54	[48]	7.2	0.3	[49]
8.1	0.15	[50]	8.4	0.6	[51]
7.1	0.4	[52]	7.75	0.5	[26]
8.51	0.29	[53]	7.9	0.75	[27]
8.2	0.21	[54]	8.24	0.43	[18]
8.6	1.0	[6]	8.28	0.33	[17]
7.4	0.3	[8]	7.7	0.4	[55]
7.9	0.3	[56]	8.1	0.6	[57]
8.67	0.4	[10]	8.3	1.1	[19]
8.2	0.7	[58]	7.80	0.26	[59]
8.24	0.42	[60]	8.3	0.23	[61]

\* STD — стандартное отклонение.

ошибку, а несимметричный доверительный интервал [25, 27, 28]. В таких случаях в качестве ошибки результата принималось среднее из верхней и нижней границы интервала. Поскольку эти границы во всех случаях оказались близки между собой, такая замена не оказывает заметного влияния на полученные в настоящей работе результаты.

Окончательный список использованных значений  $R_0$  приведен в табл. 3.

## 3. АНАЛИЗ ДАННЫХ

Во многих предыдущих работах авторы указывали на существование тренда в опублико-

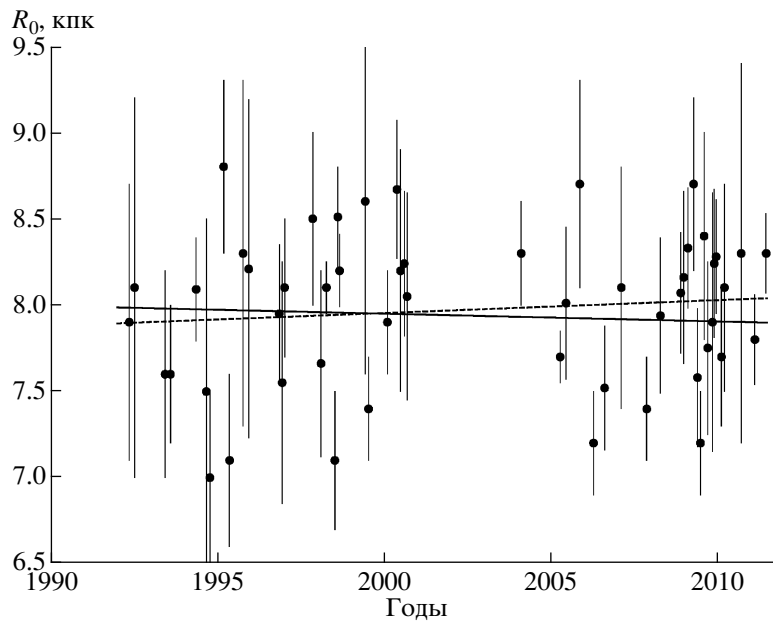


Рис. 1. Значения  $R_0$ , использованные в настоящей работе. Сплошная и штриховая линии относятся соответственно к взвешенному и невзвешенному варианту вычисления тренда.

ванных значениях  $R_0$  [2–4, 6, 62]. При этом в [2, 3, 6, 62] авторы нашли систематическое уменьшение результатов со временем в период примерно 1970–1990 гг. Хотя сейчас эти данные имеют уже, в основном, историческое значение, на основании их дрейфа со временем в [62] была, возможно, впервые высказана гипотеза о наличии в определениях  $R_0$  ЭПБ. В то же время в [6] не найдено существенного тренда в данных 1990–1998 гг., а для данных, приведенных в [3], можно наблюдать небольшой положительный тренд, т.е. некоторое увеличение значений  $R_0$  со временем для 1990–2003 гг. В последней работе [4] говорится о наличии большого положительного тренда в результатах 1992–2010 гг.

Сопоставляя эти результаты, можно отметить их определенную противоречивость, хотя надо учесть, что они иногда относятся к разным периодам наблюдений. При этом сравнение цитированных выше работ показывает, что их выводы основаны на разных выборках опубликованных результатов, а значит они могут быть искажены эффектом селекции данных, использованных для исследования.

Для разрешения этого противоречия мы провели анализ всех доступных определений  $R_0$ , указанных в предыдущем разделе. Они изображены на рис. 1. По оси абсцисс отложена эпоха данного значения  $R_0$ , за которую принималась дата его публикации. Она определялась по месяцу, соответствующему номеру журнала, в котором опубликован результат, или указанному в библиографической базе ADS (обычно для трудов конференций).

Если месяц публикации определить не удалось, за дату публикации принималась середина года. В нескольких случаях совпадения эпох двух результатов они сдвигались в противоположные стороны на 0.02–0.03 года, чтобы разделить эти точки на графике.

По приведенным данным был вычислен линейный тренд в двух вариантах. В первом варианте исходные данные брались с весами, равными обратным квадратам их ошибок. Для этого случая тренд оказался равным  $-0.0045 \pm 0.0103$  кпк/год. Во втором варианте, без учета весов, была получена величина тренда  $+0.0075 \pm 0.0100$  кпк/год.

Для обнаружения тренда в данных, как и других низкочастотных изменений, можно также применить простой, но эффективный критерий Аббе. Этот критерий предназначен для проверки гипотезы о равенстве математического ожидания всех анализируемых измерений  $x_i$ . Для такой проверки вычисляется статистика Аббе, которая фактически представляет собой отношение вариации Аллана AV (детали применения этой статистики в астрономических исследованиях описаны в [63, 64]) и дисперсии данных  $D$ :

$$q = \frac{AV}{D} \quad (1)$$

$$AV = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (y_i - y_{i+1})^2}{2(n-1)}$$

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1},$$

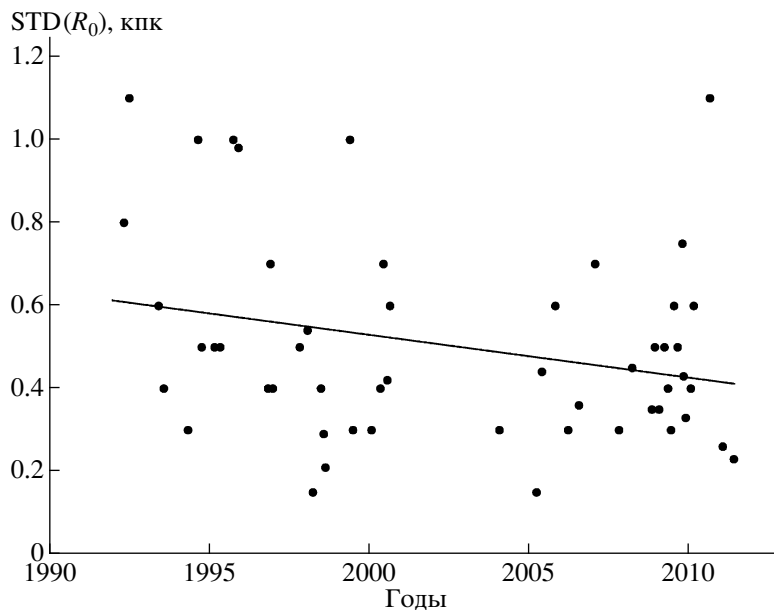


Рис. 2. Ошибки определения  $R_0$ .

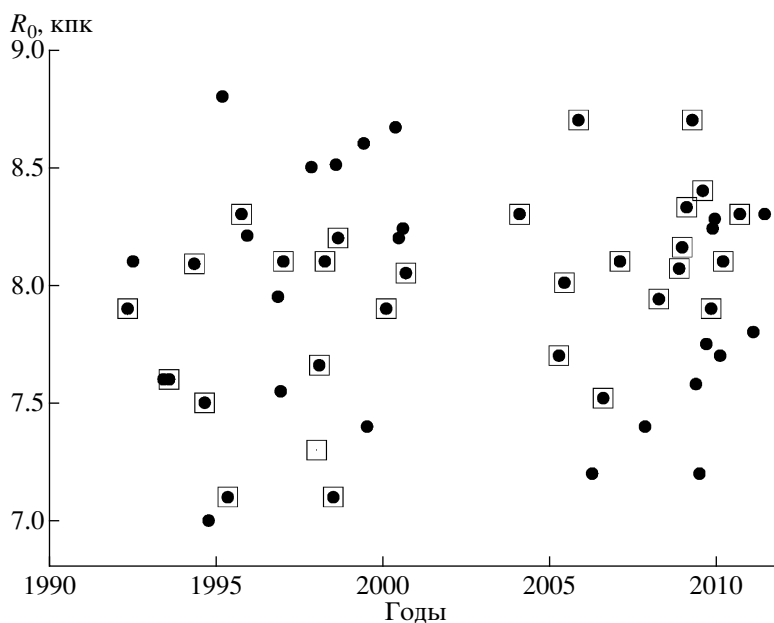


Рис. 3. Набор значений  $R_0$ , использованных в настоящей работе и в работе [4] (последние обведены квадратиками).

где  $\bar{x}$  — среднее значение из всех  $x_i$ .

В присутствии существенных низкочастотных изменений в данных, в том числе тренда,  $D$  будет существенно больше  $AV$ . Таким образом, если  $q$  меньше соответствующей критической точки распределения Аббе, гипотеза об отсутствии тренда должна быть отвергнута, и должен быть сделан вывод о присутствии в данных статистически значимых систематических изменений. В нашем случае значение  $q$  оказалось равным 1.26, что намного

больше, чем 1%-квантиль распределения Аббе, составляющая 0.69.

На основе всех проведенных вычислений можно заключить, что статистически значимого тренда в результатах определения  $R_0$  за последние 20 лет не наблюдается.

Представляет также интерес вопрос об изменении точности определения  $R_0$  со временем. Исходные данные для этого анализа приведены на рис. 2. В этом случае было получено значение тренда

$-0.0103 \pm 0.0053$  кпк/год. Таким образом, имеется статистически значимое уменьшение ошибки определения  $R_0$  со временем.

Этот вывод выглядит тем более интересным, что в последние годы исследователи стали обращать больше внимания на оценку ошибок своих результатов, включая анализ не только статистических (формальных), но и систематических ошибок. Поэтому, с одной стороны, ошибки  $R_0$  должны со временем уменьшаться по мере накопления наблюдательных данных и совершенствования методов наблюдений и обработки, а с другой стороны, эти ошибки могут увеличиваться по мере использования более корректных методов их оценки. Очевидно, первая тенденция в последние годы оказалась сильнее.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате обработки 52 определений  $R_0$ , опубликованных в 1992–2011 гг., было найдено, что в этих данных отсутствует статистически значимый тренд, т.е. систематическое увеличение или уменьшение значений  $R_0$  со временем. Таким образом, не подтвердился результат [4], где был найден большой положительный тренд, т.е. систематическое увеличение величины  $R_0$  в течение последних 20 лет. В то же время подтвердились результаты [6] и [3], говорящие о малом значении тренда, правда на меньшем периоде времени.

Очевидная причина расхождения нашего результата с результатом [4] заключается в эффекте селекции исходных данных, использованных для анализа. Это ясно видно на рис. 3, где приведены данные, использованные в настоящей работе и в работе [4]. Авторы последней почему-то не включили в рассмотрение несколько значений  $R_0$  выше среднего из первой половины интервала и несколько значений ниже среднего из второй половины интервала, что и привело к найденному ими значительному росту публикуемых значений  $R_0$ .

Основной вывод настоящей работы об отсутствии статистически значимого тренда в публикуемых значениях  $R_0$  в течение последних 20 лет свидетельствует, по нашему мнению, о том, что в этих публикациях отсутствует статистически значимый ЭПБ (bandwagon effect). В то же время было обнаружено существенное уменьшение ошибок определения  $R_0$  со временем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. З. М. Малкин, Астрон. журн. **88**, 880 (2011).
2. M. J. Reid, Ann. Rev. Astron. and Astrophys. **31**, 345 (1993).
3. I. Nikiforov, in: *Order and Chaos in Stellar and Planetary Systems*, eds G. G. Byrd, K. V. Kholshevnikov, A. A. Myllari, *et al.*, ASP Conf. Ser. **316**, 199 (2004).
4. T. Foster and B. Cooper, in: *The Dynamic Interstellar Medium: A Celebration of the Canadian Galactic Plane Survey*, eds R. Kothes, T. L. Landecker, A. G. Willis, ASP Conf. Ser. **438**, 16 (2010); e-Print arXiv:1009.3220 [astro-ph] (2010).
5. F. J. Kerr and D. Lynden-Bell, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **221**, 1023 (1986).
6. V. G. Surdin, Astron. and Astrophys. Trans. **18**, 367 (1999).
7. E. V. Glushkova, A. K. Dambis, A. M. Mel'Nik, and A. S. Rastorguev, Astron. and Astrophys. **329**, 514 (1998).
8. E. V. Glushkova, A. K. Dambis, and A. S. Rastorguev, Astron. and Astrophys. Trans. **18**, 349 (1999).
9. B. Paczyński and K. Z. Stanek, Astrophys. J. (Letters) **494**, L219 (1998); e-Print arXiv:astro-ph/9708080 (1997).
10. K. Z. Stanek, J. Kaluzny, A. Wysocka, and I. Thompson, Acta Astron. **50**, 191 (2000); e-Print arXiv:astro-ph/9908041 (1999).
11. F. Eisenhauer, R. Schödel, R. Genzel, *et al.*, Astrophys. J. (Letters) **597**, L121 (2003); e-Print arXiv:astro-ph/0306220 (2003).
12. F. Eisenhauer, R. Genzel, T. Alexander, *et al.*, Astrophys. J. **628**, 246 (2005); e-Print arXiv:astro-ph/0502129 (2005).
13. S. Gillessen, F. Eisenhauer, S. Trippe, *et al.*, Astrophys. J. (Letters) **692**, 1075 (2009); e-Print arXiv:0810.4674 [astro-ph] (2008).
14. S. Nishiyama, T. Nagata, S. Sato, *et al.*, Astrophys. J. **647**, 1093 (2006); e-Print arXiv:astro-ph/0607408 (2006).
15. M. A. T. Groenewegen, A. Udalski, and G. Bono, Astron. and Astrophys. **481**, 441 (2008), e-Print arXiv:0801.2652 [astro-ph] (2008).
16. S. Trippe, S. Gillessen, O. E. Gerhard, *et al.*, Astron. and Astrophys. **492**, 419 (2008); e-Print arXiv:0810.1040 [astro-ph] (2008).
17. S. Gillessen, F. Eisenhauer, T. K. Fritz, *et al.*, Astrophys. J. **707**, L114 (2009); e-Print arXiv:0910.3069 [astro-ph] (2009).
18. N. Matsunaga, T. Kawadu, S. Nishiyama, *et al.*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **399**, 1709 (2009); e-Print arXiv:0907.2761 [astro-ph] (2009).
19. M. Sato, M. J. Reid, A. Brunthaler, and K. M. Menten, Astrophys. J. **720**, 1055 (2010), e-Print arXiv:1006.4218 [astro-ph] (2010).
20. I. S. Glass, P. A. Whitelock, R. M. Catchpole, and M. W. Feast, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **273**, 383 (1995).
21. A. C. Layden, R. B. Hanson, S. L. Hawley, *et al.*, Astron. J. **112**, 2110 (1996); e-Print arXiv:astro-ph/9608108 (1996).
22. R. Genzel, C. Pichon, A. Eckart, *et al.*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **317**, 348 (2000); e-Print arXiv:astro-ph/0001428 (2000).
23. M. A. T. Groenewegen and J. A. D. L. Blommaert, Astron. and Astrophys. **443**, 143 (2005); e-Print arXiv:astro-ph/0506338 (2005).

24. M. Shen and Z. Zhu, *Chinese J. Astron. and Astrophys.* **7**, 120 (2007).
25. A. M. Ghez, S. Salim, N. N. Weinberg, *et al.*, *Astrophys. J.* **689**, 1044 (2008); e-Print arXiv:0808.2870 [astro-ph] (2008).
26. D. J. Majaess, D. G. Turner, and D. J. Lane, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **398**, 263 (2009), e-Print arXiv:0903.4206 [astro-ph] (2009).
27. M. J. Reid, K. M. Menten, X. W. Zheng, *et al.*, *Astrophys. J.* **705**, 1548 (2009); e-Print arXiv:0908.3637 [astro-ph] (2009).
28. E. Vanhollebeke, M. A. T. Groenewegen, and L. Girardi, *Astron. and Astrophys.* **498**, 95 (2009).
29. M. R. Merrifield, *Astron. J.* **103**, 1552 (1992).
30. C. R. Gwinn, J. M. Moran, and M. J. Reid, *Astrophys. J.* **393**, 149 (1992).
31. Т. П. Герасименко, *Астрон. журн.* **81**, 125 (2004).
32. J. M. Moran, M. J. Reid, and C. R. Gwinn, in: *Astrophysical Masers*, eds A. W. Clegg, G. E. Nedoluha, *Lect. Notes Phys.* **412**, 244 (1993).
33. C. Babusiaux and G. Gilmore, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **358**, 1309 (2005); e-Print arXiv:astro-ph/0501383 (2005).
34. W. J. Maciel, *Astrophys. and Space Sci.* **206**, 285 (1993).
35. В. С. Аведисова, *Астрон. журн.* **82**, 488 (2005).
36. F. Pont, M. Mayor, and G. Burki, *Astron. and Astrophys.* **285**, 415 (1994).
37. И. И. Никифоров, И. В. Петровская, *Астрон. журн.* **72**, 725 (1994).
38. E. Bica, C. Bonatto, B. Barbuy, and S. Ortolani, *Astron. and Astrophys.* **450**, 105 (2006), e-Print arXiv:astro-ph/0511788 (2005).
39. А. С. Расторгуев, О. В. Дурлевич, Е. Д. Павловская, А. А. Филиппова, *Письма в "Астрон. журн."* **20**, 688 (1994).
40. А. К. Дамбис, А. М. Мельник, А. С. Расторгуев, *Письма в "Астрон. журн."* **21**, 331 (1995).
41. В. В. Бобылев, А. Т. Байкова, С. В. Лебедева, *Письма в "Астрон. журн."* **33**, 809 (2007); e-Print arXiv:0709.4161 [astro-ph] (2007).
42. B. W. Carney, J. P. Fulbright, D. M. Terndrup, *et al.*, *Astron. J.* **110**, 1674 (1995).
43. D. Huterer, D. D. Sasselov, and P. L. Schechter, *Astron. J.* **110**, 2705 (1995); e-Print arXiv:astro-ph/9508122 (1995).
44. M. Honma and Y. Sofue, *Publ. Astron. Soc. Japan* **48**, L103 (1996), e-Print arXiv:astro-ph/9611156 (1996).
45. M. W. Feast, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **284**, 761 (1997).
46. M. Feast and P. Whitelock, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **291**, 683 (1997); e-Print arXiv:astro-ph/9706293 (1997).
47. A. K. Dambis, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **396**, 553 (2009).
48. M. R. Metzger, J. A. R. Caldwell, and P. L. Schechter, *Astron. J.* **115**, 635 (1998); e-Print arXiv:astro-ph/9710055 (1997).
49. C. Bonatto, E. Bica, B. Barbuy, and S. Ortolani, in: *Globular Clusters – Guides to Galaxies*, Proc. Joint ESO-FONDAP Workshop on Globular Clusters, Concepción, Chile, 6–10 March 2006, eds T. Richtler, S. Larsen (Berlin–Heidelberg: Springer, 2009), p. 209.
50. A. Udalski, *Acta Astron.* **48**, 113 (1998); e-Print arXiv:astro-ph/9805221 (1998).
51. M. J. Reid, K. M. Menten, X. W. Zheng, *et al.*, *Astrophys. J.* **700**, 137 (2009); e-Print arXiv:0902.3913 [astro-ph] (2009).
52. R. P. Olling and M. R. Merrifield, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **297**, 943 (1998); e-Print arXiv:astro-ph/9802034 (1998).
53. M. Feast, F. Pont, and P. Whitelock, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **298**, L43 (1998).
54. K. Z. Stanek and P. M. Garnavich, *Astrophys. J. (Letters)* **503**, L131 (1998), e-Print arXiv:astro-ph/9802121 (1998).
55. A. K. Dambis, in: *Variable Stars, the Galactic halo and Galaxy Formation*, Proc. Intern. Conf., Zvenigorod, Russia, 12–16 October 2009, eds C. Sterken, N. Samus, L. Szabados (Moscow: Sternberg Astron. Inst., Moscow Univ., 2010), p. 177; e-Print arXiv:1001.1428 [astro-ph] (2010).
56. D. H. McNamara, J. B. Madsen, J. Barnes, and B. F. Erickson, *Publ. Astron. Soc. Pacif.* **112**, 202 (2000).
57. D. Majaess, *Acta Astron.* **60**, 55 (2010); e-Print arXiv:1002.2743 [astro-ph] (2010).
58. I. I. Nikiforov, in: *Small Galaxy Groups*, IAU Coll. № 174, eds M. J. Valtonen, C. Flynn, *ASP Conf. Ser.* **209**, 403 (2000).
59. K. Ando, T. Nagayama, T. Omodaka, *et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan* **63**, 45 (2011); e-Print arXiv:1012.5715 [astro-ph] (2012).
60. D. R. Alves, *Astrophys. J.* **539**, 732 (2000); e-Print arXiv:astro-ph/0003329 (2000).
61. A. Brunthaler, M. J. Reid, K. M. Menten, *et al.*, *Astron. Nachr.* **332**, 461 (2011); e-Print arXiv:1102.5350 [astro-ph] (2011).
62. M. J. Reid, in: *The Center of the Galaxy*, ed. M. Morris, *Proc. IAU Symp.* **136**, 37 (1989).
63. Z. Malkin, *J. Geod.* **82**, 325 (2008); e-Print arXiv:physics/0703035 (2007).
64. Z. M. Malkin, *Kinemat. and Phys. Celest. Bodies* **27**, 42 (2011); e-Print arXiv:1105.3837 [astro-ph] (2011).