

ИССЛЕДОВАНИЕ ШАРОВОГО СКОПЛЕНИЯ NGC 7006

А.Н. ГЕРАШЕНКО, Ю.К. АНАНЬЕВСКАЯ

Поступила 18 декабря 2017

Принята к печати 7 марта 2018

Представлены результаты исследования шарового скопления NGC 7006, для которого до сих пор нет убедительных доказательств наличия в нем нескольких поколений звезд. Единственное указание на возможность их существования следует из зависимости морфологии горизонтальной ветви от расстояния от центра скопления. В данной работе показано, что этот наблюдаемый факт можно объяснить учетом загрязнения диаграммы цвет-величина звездами фона. Однако для того, чтобы считать это утверждение доказанным, необходимо дополнительное определение и исследование собственных движений звезд в области скопления.

Ключевые слова: звездные системы: шаровые скопления: фотометрия: звездные населения в шаровых скоплениях

1. *Введение.* В настоящее время надежно установлено, что шаровые скопления (ШС) могут содержать несколько звездных населений, различающихся химическим составом и в первую очередь содержанием продуктов горения водорода при высокой температуре (He, C, N, O, Na и др.) (см., например, обзор [1]). Этот вывод был получен на основе обнаружения и изучения C-N, O-Na и Mg-Al антикорреляций. На основе изучения богатого и однородного спектрального материала было показано, что в большинстве изученных скоплений звезды первичного населения с химическим составом, соответствующим таковому звезд поля, составляют, в среднем, треть звезд скопления. Остальные две трети составляют звезды вторичного населения, образованные из выбросов первичных звезд. Эти звезды характеризуются, в частности, увеличенным содержанием Na, N и Al и уменьшенным содержанием O, C и Mg. Вторичное население может состоять из нескольких поднаселений, характеризующихся увеличенным содержанием гелия (Y), которое может изменяться в пределах самого скопления [2]. Также было обнаружено, что протяженность Na-O корреляции имеет тенденцию быть тем больше, чем больше масса скопления, и вероятно существует минимальная масса, ниже которой в скоплении эта антикорреляция не наблюдается [3].

Фотометрические признаки наличия различных населений в ШС впервые были обнаружены на основании наблюдений на Космическом телескопе Хаббла (КТХ) в конце 20 в. в ШС ω Cen [4]. Впоследствии наличие

нескольких населений было подтверждено в большом количестве этих объектов как космическими, так и наземными наблюдениями. Эти признаки проявляются в расширении или даже расщеплении эволюционных последовательностей на отдельные компоненты на диаграмме цвет-величина (CMD - color-magnitude diagram) скопления. Изменения в содержании Na, O, Ne и некоторых других элементов, ответственных за эти фотометрические признаки, связаны, но проявляются на различных частях CMD по-разному. Эффект изменения Ne четко проявляется на Главной последовательности (ГП), вызывая ее расширение (расщепление); еще более явно он влияет на морфологию горизонтальной ветви (ГВ), не сказываясь заметно на виде ветви красных гигантов (ВКГ). В то же время изменения в содержании C, N, O проявляются на ВКГ, не сказываясь на ГП. Указанные эффекты усиливаются при наблюдениях в ультрафиолетовой (УФ) области спектра и при использовании более широкой спектральной базы.

Настоящая работа посвящена поискам признаков наличия нескольких звездных населений в ШС NGC 7006 на основании его фотометрического исследования.

2. *Сведения о ШС NGC 7006.* Согласно каталогу [5] ШС NGC 7006 (C2059+160) ($\alpha = 21^{\text{h}}01^{\text{m}}29^{\text{s}}.38$, $\delta = +16^{\circ}11'14".4$ (2000), $l = 63^{\circ}.77$, $b = -19^{\circ}.41$) расположено во внешнем гало Галактики на расстоянии $R_g = 38.5$ кпк от ее центра, имеет небольшие угловые размеры ($r_t = 4'.37$) и обладает промежуточными значениями некоторых других характеристик (металличность $[Fe/H] = -1.63$, светимость $M_v = -7^{\text{m}}.67$). Скопление является одним из самых энергичных скоплений в Млечном Пути с эксцентрической орбитой, предполагающей внегалактическое происхождение этой системы [6].

Фотометрическому изучению скопления в визуальной и близкой к ней областям спектра было посвящено несколько работ [7-11]. Уже в первом обстоятельном исследовании скопления Сэнциллж и Вилли [7] обнаружили, что оно обладает необычно красной ГВ, не соответствующей металличности скопления. Согласно ([5], редакция 2003г.) индекс ГВ $HBR = (B - R)/(B + V + R) = -0.28$, где B и R - число звезд скопления на голубой и красной частях ГВ, соответственно, V - число переменных звезд типа RR Лут. С тех пор скопление рассматривается как "архитипичное" по влиянию второго параметра (первый параметр - металличность) на распределение звезд вдоль ГВ. Позже Буонанно и др. [9] показали, что вид ГВ изменяется в пределах скопления таким образом, что по мере приближения к центру скопления цвет ГВ становится все более голубым. При этом следует указать, что в этой работе, согласно модели Галактики [12], принималось, что в район CMD в интервале величин $15 \leq V \leq 19$ и цветов $B - V \leq 0.8$ попадают только 4 звезды фона. Поэтому вклад звезд фона не учитывался. Вопрос о звездном фоне скопления NGC 7006 будет рассмотрен ниже.

В работах [7-11] не было замечено никаких признаков наличия нескольких населений в скоплении. Однако авторы и не ставили такой цели. К тому же фотометрический материал, используемый в этих работах, был ограничен по светимости началом ГП, видимой областью спектра и недостаточной для этой цели фотометрической точностью.

Поиски дополнительных параметров, влияющих на морфологию ГВ и, в частности, приводящих к необычно красной ГВ в ШС NGC 7006, проводились на основе анализа интенсивностей полос молекул CN, CH, CO по спектральному и фотометрическому материалу среднего разрешения [13-19] или интенсивностей линий Na, O, Al по спектрам высокого разрешения [20]. Были обнаружены значимые, но умеренные изменения интенсивностей полос и линий от звезды к звезде скопления, а также антикорреляция содержания Na и O и корреляция Na и N. Амплитуды этих изменений среди звезд одной светимости в ШС одной металличности (NGC 7006, M3, M13 и M10), но различной морфологии ГВ примерно одинаковы. К тому же, как заметили Смит и др. [19], малочисленность выборки звезд (~15) и весьма ограниченный интервал их яркости (все они ярче "булп" ВКГ) не позволили большинству из перечисленных авторов рассматривать содержание CNO в качестве 2-го параметра.

Греттон и др. [21] и Милоне и др. [2] при поиске параметров, ответственных за морфологию ГВ в ШС, выделили, кроме металличности, два дополнительных. Один из них - глобальный (возраст) - изменяется от скопления к скоплению, другой - содержание гелия, изменяется внутри скопления. Оценки возраста ШС NGC 7006 [8,9], выполненные на основании расположения на CMD точки поворота от ГП, говорят о том, что он существенно не отличается от возраста ШС той же металличности, но имеющих другую морфологию ГВ. Доггер и др. [11], используя более точный фотометрический материал, полученный по наблюдениям на KTH с камерой ACS (Advanced Camera for Surveys) методом подгонки изохрон к CMD F814W - (F606W - F814W), нашли, что NGC 7006 незначительно моложе ШС внутреннего гало. Действительно, в работах [11,22] для ШС NGC 7006, M3, M13 и M10 были получены практически неразличимые значения возрастов: 12.25 ± 0.75 Гут, 12.50 ± 0.50 Гут, 13.00 ± 0.50 Гут, 13.00 ± 1.25 Гут, соответственно, тогда как их ГВ характеризуются широким диапазоном значений индекса HBR = -0.28, 0.08, 0.97, 0.98.

Скопление NGC 7006 богато переменными звездами, в основном, переменными типа RR Лут. Согласно [23] в нем обнаружено 76 переменных звезд. Из 54 звезд с определенными периодами 47 являются переменными типа RR0, 7 - переменными типа RR1 и 2 - красными переменными. Для 4 звезд (v4, v7, v9 и v34) переменность не была подтверждена. В отношении звезды v34 верные координаты и комментарий даны в [24] и в электронной версии

каталога переменных звезд на сайте С.С. Clement <http://www.astro.utoronto.ca/~cclement/read.html>. По данным [23] нами были определены отношение числа RR1 к RR0 ($N_{RR1}/N_{RR0} = 0.12$), и величина среднего периода переменных типа RR0 ($P_{RR0} = 0^d.568 \pm 0^d.004$).

Последняя величина совпадает с определенным Вехнау и др. [25] значением $0^d.569$. Эти величины определяют NGC 7006, как скопление типа Oo1 по Оостерхоффу, ибо последние характеризуются средним $P = 0^d.553 \pm 0^d.017$ [23].

Д'Антон и Калои [26] обратили внимание на одинаковый (пикированный) характер распределения периодов RR Lyr в ШС М3, М5, NGC 3201 и NGC 7006. Кроме того, в этих скоплениях населены красная область, полоса нестабильности и синяя области ГВ, но отсутствуют так называемые "голубые хвосты". Обычно распределение звезд вдоль ГВ в ШС моделируется, принимая среднюю потерю массы вдоль ВКГ со стандартным отклонением $0.025 M_{\odot}$. Как считают вышеупомянутые авторы, эти особенности ГВ требуют сильного ограничения на потерю масс, которая должна иметь много меньшую дисперсию. Поэтому в рамках гипотезы мультиэпохного содержания гелия в звездах ШС Калои и Д'Антон [27] резко уменьшили дисперсию потери массы на ВКГ. При этом они не только воспроизвели пикированное распределение периодов RR Lyr, но и голубая часть ГВ естественно населилась звездами вторичного населения с переменным содержанием гелия, увеличенным по сравнению с его содержанием в звездах первичного населения. Такая модель ГВ подробно рассмотрена ими на примере скопления М3. Результаты моделирования показали, что дисперсия потери массы для М3 должна быть не больше, чем $0.003 M_{\odot}$, содержание гелия в звездах вторичного населения изменяется в пределах $0.26 \div 0.28$ и скопление имеет равное соотношение звездных населений. Распространив эту интерпретацию на остальные скопления группы, Д'Антон и Калои [26] для NGC 7006 получили следующие характеристики: первичное население составляет 72%, вторичное - 28%, при этом содержание гелия в его звездах изменяется в пределах $Y = 0.25 - 0.275$.

Выводы, полученные в [27] в отношении скопления М3, были проверены с помощью наблюдений звезд скопления. Используя высокоточные фотометрию Стромгрена и спектроскопию для голубых звезд НВ ШС М3, Кейтелен с коллегами [28] обнаружили, что увеличение содержания гелия среди большинства голубых звезд НВ должно быть меньше 0.01, что исключает более высокие значения его увеличения.

Таким образом, к настоящему времени нет никаких наблюдений, согласно которым можно было бы утверждать, что скопление NGC 7006 содержит несколько звездных населений.

3. *Наблюдательные данные.* В работе использовались несколько

рядов наблюдений ШС NGC 7006:

1. V, I фотометрия звезд - website <http://archive.stsci.edu/pub/hlsp/acsggct/ngc7006/>.

Наблюдения центральной области ($r \sim 2'$) скопления были проведены на KTX/ACS, заявитель Доттер. Подробности наблюдений и их обработки, а также необходимые ссылки, приведены в [11].

2. u, g, r, i SDSS (Sloan Digital Sky Survey) фотометрия звезд - website http://www.sdss.org/dr6/products/value_added/anjohnson08_clusterphotometry.htm.

Наблюдения выполнены на специализированном 2.5-м телескопе обсерватории Apache Point. В данной работе использовалась обработка этих наблюдений, выполненная и описанная Эном и др. [29]. Исследуемое поле является прямоугольником со сторонами $\sim 14' \times 10'$, в котором скопление расположено в юго-восточном углу. При этом наименьшее расстояние центра скопления от сторон поля составляет $\sim 3'$, а самые удаленные звезды поля от центра скопления расположены на расстоянии $\sim 12'$.

3. При выделении членов скопления и очищении CMD от звезд фона большое значение имеют собственные движения звезд. В радиусе $\sim 3'$ собственные движения звезд скопления были определены Динеску и др. [6]. К сожалению, эта работа основана на фотографическом материале, обладающем меньшими пространственным разрешением, фотометрической точностью и прелельной величиной, чем ПЗС наземные наблюдения, а тем более наблюдения на KTX. В результате при сравнении каталогов [6] (633 звезды до $V \sim 22^m$) и KTX (~ 3200 звезд до $V \sim 22^m$) удалось отождествить со звездами Динеску и др. [6] лишь часть одиночных звезд каталога KTX (~ 300 звезд, 60 из которых не являются членами скопления).

4. *Фотометрия звезд ШС NGC 7006, полученная на KTX.* На рис.1 представлена CMD $V \sim (V-I)$ для всей исследованной области скопления ($r \sim 2'$) по данным, полученным на KTX, для звезд, ошибка измерения которых не превышает $0^m.1$. На нем справа приведены для соответствующих величин типичные фотометрические ошибки. Кружочками (o) отмечены звезды фона по данным [6]. Судить о вкладе звезд фона в соответствующие части CMD позволяют и данные SDSS. Большое поле SDSS позволяет исследовать не только скопление, но и область, удаленную от центра скопления на расстояние, большее приливного радиуса скопления. Мы приняли, что звездами фона являются звезды, расположенные в области с $g \geq 6'$. После перевода фотометрической SDSS системы g и r величин в систему V, I величин эти звезды нанесены косыми крестиками (x) на рис.1, на котором звезды фона образуют несколько достаточно четких структур на CMD. В [30] эти структуры на фоне скопления NGC7006 предварительно отождествлены с огромным

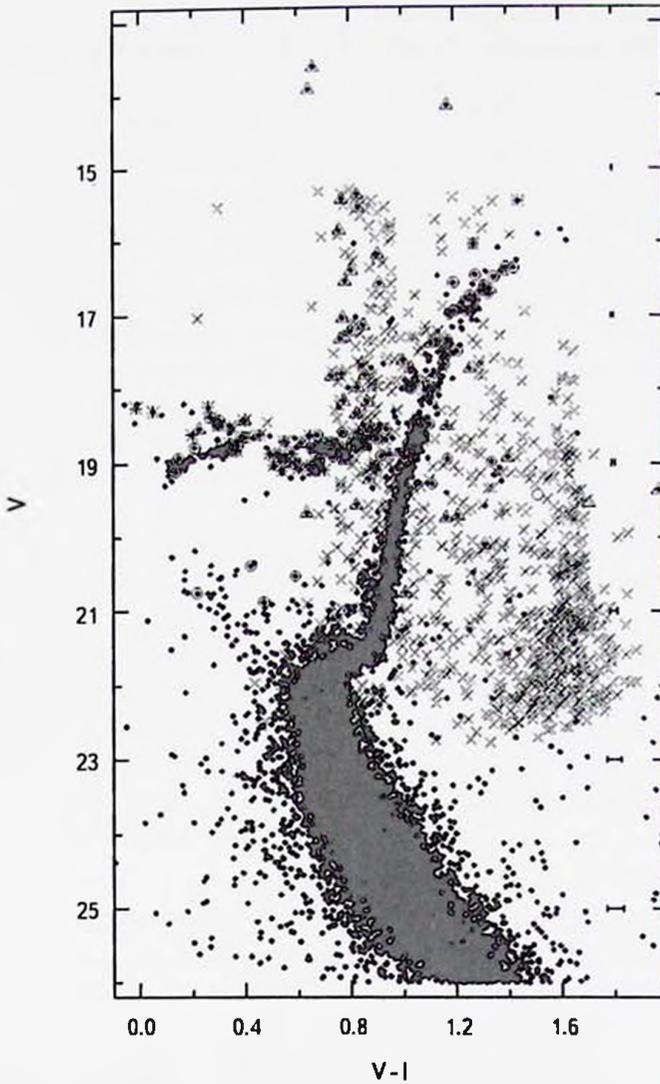


Рис.1. CMD ШС NGC 7006 V от (V-I) для всех наблюдаемых на КХТ ($r < 2'$) звезд (\bullet). \circ (открытые кружки) - члены скопления по собственным движениям, Δ (открытые треугольники) - звезды фона по собственным движениям, \times - звезды SDSS с $r > 6'$, $*$ - переменные звезды.

облаком в Геркулесе-Водолея и его происхождение авторы [30] связывают с приливным разрушением древней карликовой галактики. Согласно авторам в сценарии нерархического образования Галактики, в котором внешнее гало Млечного Пути является результатом непрерывной аккреции галактик малой массы, часть системы галактических шаровых скоплений могла возникнуть в

вымерших карликовых галактиках и затем была аккрецирована вместе с ними. Остатки этих предшественников галактики могут все еще заполнять окрестности этих аккрецированных скоплений. В соответствии с рис.15 из [30] эти структуры заполняют всю красную часть CMD скопления, начиная с $(V-I) > 0.8$, и проходят через ВКГ и красную часть ГВ скопления. В более голубой области CMD скопления вклад звезд фона, согласно заключению Буонанно и др. [9], невелик. Он определяется яркими звездами Галактики и вполне описывается модельными расчетами Галактики [12].

Определенные в [6] собственные движения для части звезд красной части ГВ (к сожалению, для многих звезд они неизвестны) позволяют утверждать, что она засорена звездами фона. Этот факт следует учитывать при определении характеристик ГВ. Это касается и других ветвей CMD скопления.

Приведенная на рис.1 CMD в основном соответствует полученным ранее диаграммам этого скопления [8-10]. Четко прослеживается последовательность "голубых бродяг". Положение "bump" на ВКГ ($V_{\text{BRGB}} = 18.662 \pm 0.014$) совпадает с определением Натафа и др. [31] ($V_{\text{BRGB}} = 18.641 \pm 0.004$). Также совпадает и наше определение положения точки поворота от ГП ($V_{\text{TP}} = 22.25 \pm 0.05$) с величинами Натафа и др. [31] (22.26) и Буонанно и др. [9] (22.3 ± 0.1).

В противоречии со всеми предыдущими исследованиями находится вид ГВ. В нашем случае красная и голубая части ГВ содержат почти равное количество звезд. Соответствующий индекс HBR равен 0.02 ± 0.03 , если учесть группу звезд, расположенную правее группы звезд, принадлежащих красной части ГВ и отделенную от нее небольшим пробелом. Если же считать эту группу звезд продолжением асимптотической ветви, что следует из рис.1, то индекс HBR увеличивается до 0.10 ± 0.03 . В обоих случаях цвет ГВ более голубой, чем в [9,5], где для HBR приводятся отрицательные значения: -0.11 и -0.28, соответственно. Такое различие можно объяснить совокупностью двух эффектов: обнаруженной ранее [9] зависимостью распределения звезд вдоль ГВ от расстояния до центра скопления и различной удаленностью от него областей скопления, изучаемых различными авторами. Действительно, наблюдаемая на КТХ область ограничена центральной частью скопления ($r \sim 2'$), где, согласно [9], число голубых звезд на ГВ больше, чем красных. Другой причиной различия, которая будет рассмотрена ниже, может быть учет звезд фона, вклад которых в красную часть ГВ увеличивается по мере удаления от центра скопления.

Так как фотометрия звезд скопления выполнена в V и I величинах практически одновременно, то обе величины для переменных звезды типа RR Lyr относятся к одной и той же фазе блеска. В этом случае все переменные этого типа должны располагаться в пределах некоторой полосы, наклоненной по отношению к ГВ, что наглядно представлено на рис.2. Нахождение в этой

полосе звезд, которые не являются известными переменными, является основанием для изучения этих звезд с целью выявления их переменности [32]. Действительно, на рис.2 в пределах полосы нестабильности находятся звезды, которые не числятся в каталоге переменных звезд [23]. Эти звезды имеют большую вероятность переменности блеска. Однако они расположены в основном

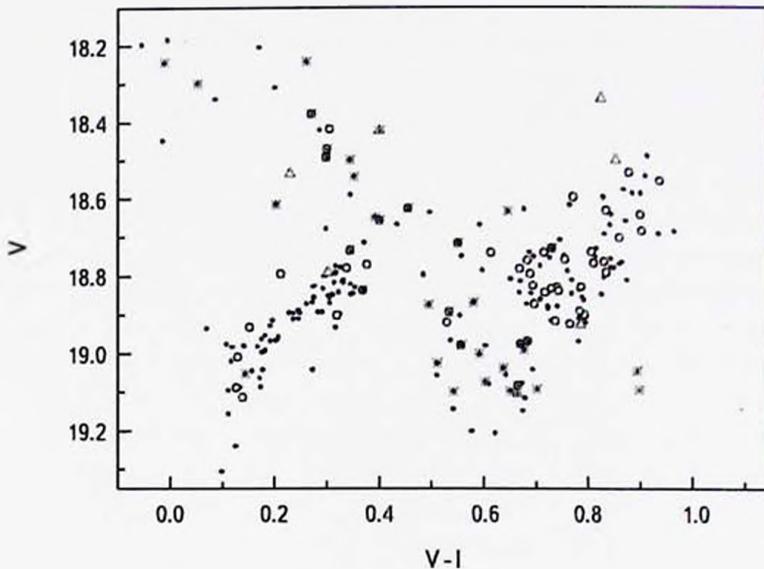


Рис.2. CMD в районе ГВ. Обозначения те же, что на рис.1.

в пределах $0'.2 - 0'.3$ от центра скопления и для обнаружения их переменности необходимы наблюдения высокого пространственного разрешения. Несколько переменных оказались вне этой полосы. Это тоже основание для проверки их на переменность. Действительно, для части из них переменность в дальнейшем не была подтверждена ($v4$, $v7$ и $v9$).

5. *Радиальное распределение основных характеристик скопления.* На рис.3 приведены CMD для трех областей скопления с приблизительно одинаковым числом звезд, но различной удаленностью от его центра ($0'.15 < r < 0'.2$, $0'.5 < r < 0'.6$ и $1'.3 < r < 2'.0$). Из-за концентрации звезд скопления к центру существенно увеличиваются размеры колеи по мере удаления от центра. Сравнение 3-х диаграмм на рис.3 позволяет выявить некоторые их особенности:

а. Большая концентрация ярких звезд (красные гиганты, звезды ГВ) и "голубых бродяг" к центру скопления. Кумулятивное радиальное распределение плотности этих звезд в кольцах шириной $0'.1$ приведено на рис.4. Можно

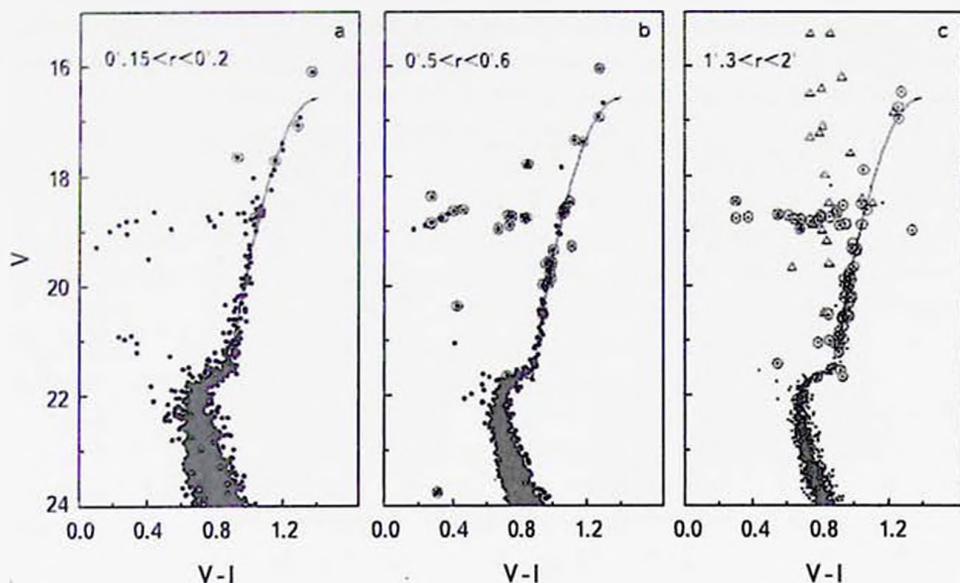


Рис.3. CMD для 3-х областей скопления. Обозначения те же, что на рис.1.

видеть, что "голубые бродяги" более сконцентрированы к центру, чем красные гиганты и звезды ГВ. Распределения звезд последних двух ветвей не различаются. Эти качественные оценки подтверждаются количественными оценками, основанными на критерии Колмогорова-Смирнова. Различие между красными

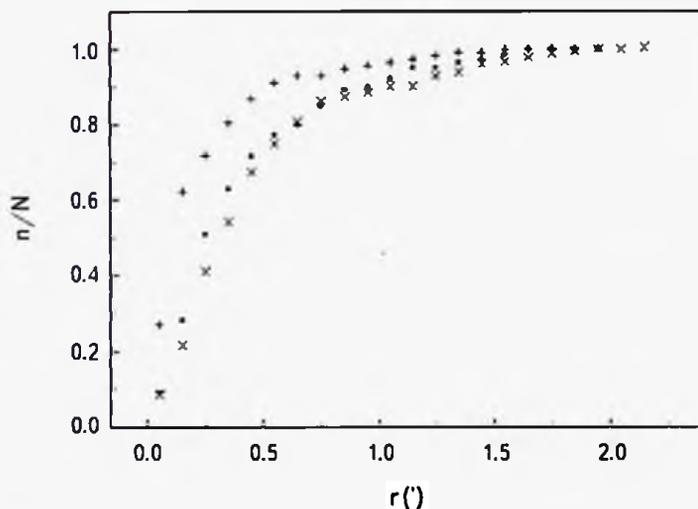


Рис.4. Кумулятивное радиальное (в кольцах шириной 0.1) распределение плотности красных гигантов (+), звезд ГВ (o) и "голубых бродяг" (x).

гигантами и звездами ГВ статистически незначимо на уровне 95%, в то время как различие между этими звездами и "голубыми бродягами" статистически значимо на уровне 99%.

Концентрация красных гигантов визуально проявляется при сравнении рис.3а, с одной стороны, и 3б и 3с ($r > 0'.5$) - с другой. Уже при $r > 0'.5$ на CMD ветвь красных гигантов содержит только 3 красных гиганта, более ярких, чем ГВ. Этот факт не позволяет исследовать зависимость положения "bump" на ВКГ от радиуса скопления. Аналогичная концентрация к центру скопления наблюдается и для звезд ГВ.

б. Отсутствие радиальной зависимости положения ВКГ. На рис.3б ($0'.5 < r < 0'.6$) ветвь красных гигантов представлена наилучшим образом подобранной кривой второго порядка. Та же самая кривая проведена на рис.3а и 3с. В пределах ошибок эта кривая удовлетворительно представляет ВКГ для всех 3-х областей скопления: Сумма отклонений от вычисленной кривой для всех 3-х областей практически равна нулю. Отсутствие различия в распределении звезд вдоль ВКГ для 3-х областей подтверждается и критерием Колмогорова-Смирнова на уровне 95%.

с. Независимыми от расстояния от центра скопления в пределах точности определения оказались положение на CMD точки поворота от ГП и яркость ветви субгигантов (ВСГ). Одна и та же кривая представляет ВСГ для всех 3-х областей, что также подтверждается критерием Колмогорова-Смирнова на уровне 95%.

д. Из-за малого количества звезд ГВ и концентрации их к центру получить статистически значимые значения индекса HBR в ранее выделенных нами областях невозможно. Поэтому для его определения вся исследуемая область скопления была разделена на две части с приблизительно равным числом звезд ГВ. Одна часть включает кольцо с $0'.1 < r < 0'.4$, другая - с $r > 0'.4$. Некоторая неопределенность при подсчете звезд на ГВ возникает из-за невозможности точного разграничения красной части ГВ и асимптотической ветви гигантов. HBR, вычисленные в первой и второй областях, соответственно равны 0.21 ± 0.03 и -0.06 ± 0.03 . Таким образом, казалось бы подтверждается обнаруженная в [9] зависимость индекса HBR от центра скопления. Однако этот эффект может быть вызван присутствием звезд фона, которые располагаются полосой, проходящей через красную часть ГВ (рис.5), и количество которых увеличивается к периферии. Для области $0'.1 < r < 0'.4$ этот вклад невелик и не может существенно изменить индекс HBR. Некоторую оценку влияния звезд фона на число членов красной части ГВ для области $r > 0'.4$ можно сделать, привлекая имеющиеся данные по собственным движениям звезд скопления [6]. В этой области скопления общее число красных звезд равно 30. 19 из них являются членами скопления на основании

измеренных собственных движений. Если предположить, что оставшиеся 11 звезд являются звездами фона, то соответствующий индекс HBR увеличивается до 0.09 и оказывается в пределах ошибок определения соответствующего

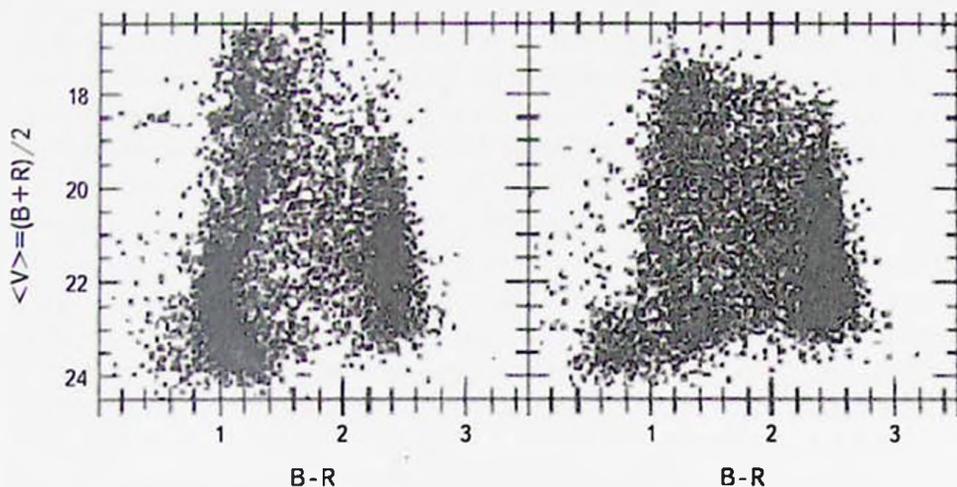


Рис.5. CMD для звезд центральной области ШС NGC 7006 (левая часть) и для звезд, находящихся за приливным радиусом скопления (правая часть) [33].

индекса HBR для центральной области.

6. *Заключение.* В соответствии с обработанным наблюдательным материалом в данной фотометрической системе (V , I величины) ни один параметр CMD (кроме индекса HBR) не обнаруживает зависимости от расстояния. Это может свидетельствовать о том, что скопление состоит из простого звездного населения, химически однородного. Изменение же индекса ГВ HBR с расстоянием от центра, как было показано в предыдущей части, может быть вызвано дополнительным вкладом звезд фона, которые:

- полосой проходят через красную часть ГВ (рис.1 и, более наглядно, рис.5),
- дают все более увеличивающийся вклад в эту область по мере удаления от центра,
- не учтены при определении индекса HBR.

Таким образом для решения вопроса об изменяемости индекса HBR требуются дополнительные наблюдения на инструменте с высоким пространственным разрешением для получения собственных движений и детального определения принадлежности звезд к скоплению.

С другой стороны, используемая фотометрическая система величин (V , I) недостаточно чувствительна к изменению содержания таких химических элементов, как гелий, углерод, кислород, азот, натрий и др., которые ответст-

венны за фотометрические признаки наличия нескольких населений в шаровых скоплениях. К изменению содержания гелия на CMD наиболее чувствительна ГП. Однако в этой системе величин сдвиг ГП по цвету $V-I$ из-за изменения содержания гелия часто оказывается меньше ошибок измерения цветов звезд. В частности, в скоплении NGC 6752 с той же металличностью, что и у NGC 7006, сдвиг ГП по цвету ($V-I$) на уровне $M_v \sim 6^m$ составляет $0^m.02$ при том, что различие в содержании гелия в звездах двух поколений достигает $\Delta Y = 0.03$ [34]. Соответствующая этой абсолютной величине средняя ошибка определения цвета звезд NGC 7006 $\sigma_{v,i} = 0^m.06$. Даже если принять, что различие в содержании гелия между двумя поколениями звезд этого скопления достигает 0.03, что нереально, используемая фотометрия не может ни подтвердить, ни опровергнуть гипотезу существования нескольких поколений звезд в этом скоплении. Без сомнения, для решения этой дилеммы необходимы наблюдения в UV области. К сожалению, данные SDSS в полосе "u" для скопления NGC 7006 не годятся для этой цели из-за большой ошибки измерения этих величин.

Авторы благодарят профессора Н.Н.Самуся (ИНАСАН) за помощь в получении наблюдательного материала, Н.В.Яблокову (СПбГУ) за полезную дискуссию.

Главная астрономическая обсерватория, Пулковое, Санкт Петербург,
Россия, e-mail: ger@gaoran.ru

INVESTIGATION OF THE GLOBULAR CLUSTER NGC 7006

A.N.GERASHCHENKO, Y.K.ANANJEVSKAJA

The results of the study of the globular cluster NGC 7006 are presented, for which convincing evidence of the existence of multiple populations of stars has not yet been presented. The only indication of the possibility of their existence follows from the dependence of the structure of the horizontal branch on the distance from the center of the cluster. In this paper it is shown that this observed fact can be explained by the ignoring of the contamination of the CMD by the field stars. However, in order to consider this statement as proved, it is necessary to obtain and study the proper motions of the stars in the cluster region.

Key words: *stellar systems: globular clusters: photometry: multiple populations in globular clusters*

ЛИТЕРАТУРА

1. *R.G. Gratton, E.Carretta, A.Bragaglia*, *Astron. Astrophys. Rev.*, **20**, 50, 2012.
2. *A.P.Milone, A.F.Marino, A.Dotter et al.*, *Astrophys. J.*, **785**, 21, 2014.
3. *E.Carretta, A.Bragaglia, R.G.Gratton et al.*, *Astron. Astrophys.*, **516**, 55, 2010.
4. *J.Anderson*, *Ph.D.Thesis*, Univ. of Callifornia, Berkeley, 1998.
5. *W.E.Harris*, *Astron. J.*, **112**, 147, 1996.
6. *D.I.Dinescu, S.R.Majewski, T.M.Girard et al.*, *Astron. J.*, **122**, 1916, 2001.
7. *A.Sandage, R.Wildey*, *Astrophys. J.*, **150**, 469, 1967.
8. *J.G.Cohen*, *Astron. J.*, **90**, 2254, 1985.
9. *R.Buonanno, F.Fuse Pecci, E.Cappellaro et al.*, *Astron. J.*, **102**, 1005, 1991.
10. *A.И.Герашченко*, *Астроф. ж.*, **84**, 604, 2007.
11. *A.Dotter, A.Sarajedini, J.Anderson*, *Astrophys J.*, **738**, 74, 2011.
12. *K.U.Ratmatunga, J.N.Bahcall*, *Astrophys. J.*, **59**, 63, 1985.
13. *F.D.A.Hartwick, McClure*, *Astrophys. J.*, **176**, L57, 1972.
14. *J.E.Hesser, F.D.A.Hartwick, McClure*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **33**, 471, 1977.
15. *R.D.McClure, J.E.Hesser*, *Astrophys J.*, **246**, 136, 1981.
16. *J.G.Cohen, J.A.Frogel*, *Astrophys. J.*, **255**, L39, 1982.
17. *E.Friel, R.P.Kraft, N.B.Suntzeff et al.*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **94**, 873, 1982.
18. *D.Harbeck, G.H.Smith, E.K.Grebel*, *Astron. Astrophys.*, **409**, 553, 2003.
19. *G.H.Smith, M.M.Briley, D.Harbeck*, *Astron. J.*, **129**, 1589, 2005.
20. *R.P.Kraft, Ch.Snedden, G.H.Smith et al.*, *Astron. J.*, **115**, 1500, 1998.
21. *R.G.Gratton, E.Carretta, A.Bragaglia et al.*, *Astron. Astrophys.*, **517**, A81, 2010.
22. *A.Dotter, A.Sarajedini, J.Anderson et al.*, *Astrophys. J.*, **708**, 698, 2010.
23. *Ch.M.Clement, A.Muzzin, Q.Dufton et al.*, *Astron. J.*, **122**, 2587, 2001.
24. *A.N.Gerashchenko*, *PZ*, **26**, 1, 2006.
25. *A.Wehlau, S.Demers*, *Astron. Astrophys.*, **57**, 251, 1977.
26. *F.D'Antona, V.Caloi*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **390**, 693, 2008.
27. *V.Caloi, F.D'Antona*, *Astrophys J.*, **673**, 847, 2008.
28. *M.Catelan, F.Grundahl, A.V.Sweigart et al.*, *Astrophys J.*, **695**, L97, 2009.
29. *D.An, J.A.Johnson, J.L.Clem et al.*, *Astrophys J. Suppl. Ser.*, **179**, 326, 2008.
30. *J.A.Carballo-Bello, A.Sollima, D.Martinez-Delgado et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **445**, 2971, 2014.
31. *D.M.Nataf, A.P.Gould, M.H.Pinsonneault et al.*, *Astrophys. J.*, **766**, 77, 2013.
32. *З.И.Кадла, А.И.Герашченко*, *Изв. ГАО РАН*, **199**, 86, 1982.
33. *D.Martinez-Delgado, D.I.Dinescu, R.Zinn et al.*, *ASP Conference Series*, **327**, 255, 2004.
34. *A.P.Milone, A.F.Marino, G.Piotto et al.*, *Astrophys. J.*, **767**, 120, 2013.

