

УДК 524.7

**Т. Н. Якобчук**

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины  
03680 Киев, ул. Академика Заболотного 27

### **Карликовая неправильная галактика КК 230: относительно молодая галактика на периферии Местной Группы?**

*Представлены результаты фотометрического анализа звездного состава карликовой неправильной галактики КК 230 по архивным данным наблюдений на Космическом телескопе Хаббла. Полученная диаграмма цвет — звездная величина КК 230 достигает  $27^m$  в V- и I-полосах и содержит звездные населения различного возраста. Наиболее молодые звезды главной последовательности КК 230 имеют возраст 32 млн лет и распределены в плоскости изображений вдоль направления север — юг, что может быть связано с наблюдаемой кинематикой нейтрального газа в галактике. Более старые голубые и красные сверхгиганты имеют возраст не менее 160 млн лет и указывают на эпизодичность звездообразования в последние несколько сот миллионов лет. По точке обрыва ветви красных гигантов модуль расстояния КК 230 равен  $m - M = 26.5^m$ , что отвечает расстоянию  $D = 2$  Мпк. На основе средней абсолютной звездной величины  $M_{I,RC}$  красного сгущения и его показателя цвета  $(V-I)_{I,RC}$  сделан вывод, что основная часть звезд КК 230 имеет возраст не больше 2-3 млрд лет и металличность  $Z \approx 0.0004$ .*

**КАРЛИКОВА НЕПРАВИЛЬНА ГАЛАКТИКА КК 230: ВІДНОСНО МОЛОДА ГАЛАКТИКА НА ПЕРИФЕРІЇ МІСЦЕВОЇ ГРУПИ?, Якобчук Т. М.** — Подаються результати фотометричного аналізу зоряного складу карликової неправильної галактики КК 230 за архівними даними спостережень на Космічному телескопі Хаббла. Діаграма кольор — зоряна величина КК 230 досягає  $27^m$  у V- та I-смугах та містить зоряні населення різного віку. Наймолодші зорі головної послідовності КК 230 мають вік 32 млн років і розподілені у площині зображень вздовж напрямку північ — південь, що може бути пов'язано із спостережуваною кінематикою нейтрального газу в галактиці. Старші блакитні та червоні надгіганти мають вік понад 160 млн років і вказують на епізодичність зореутворення в останні декілька сотень мільйонів років. За точкою обриву гілки червоних гігантів модуль відстані КК 230 становить  $m - M = 26.5^m$ , що відповідає відстані  $D = 2$  Мпк. На основі середньої абсолютної зоряної величини  $M_{I,RC}$  червоного згустку та його показника кольору  $(V-I)_{I,RC}$  зроблено висновок, що основна частина зірок КК 230 має вік, не більший за 2-3 млрд років, і металічність  $Z \approx 0.0004$ .

*DWARF IRREGULAR GALAXY KK 230: A RELATIVELY YOUNG GALAXY ON THE LOCAL GROUP PERIPHERY?*, by Yakobchuk T. M. — We present a photometric study of the resolved stellar content of the dwarf irregular galaxy KK 230 on the basis of archival data on Hubble Space Telescope's observations. The resulting color-magnitude diagram for KK 230 stars reaches about  $27^m$  in V and I filters and contains stellar populations of various age. The youngest main-sequence stars of KK 230 are found to have an age of about 32 Myr and to be distributed on the images along one line in the north-south direction, that could be explained by the observed H I kinematics. The older blue-loop stars and red supergiants have ages no less than 160 Myr and suggest episodic star formation in the last several hundreds of million years. From the tip of the red giant branch a distance modulus was found to be  $m - M = 26.5^m$ , which corresponds to the distance  $D = 2$  Mpc. On the assumption of the average absolute magnitude  $M_{I,RC}$  of the red clump and its color  $(V-I)_{I,RC}$ , the conclusion is made that the majority of KK 230 stars have an age less than 2–3 Gyr and the metallicity  $Z \approx 0.0004$ .

#### ВВЕДЕНИЕ

Современные космологические теории предполагают, что галактики и крупномасштабная структура, наблюдаемые сегодня, возникли в результате гравитационной неустойчивости из первичных малоамплитудных флуктуаций плотности в ранней Вселенной. Согласно наиболее популярной сейчас модели иерархического формирования с холодной темной материей (CDM) видимые галактики образовались из газа после охлаждения и превращения его в звезды в центре маломассивных гало темной материи [30, 50]. Одновременно происходило слияние темных гало, так что большие массивные галактики, наподобие Млечного Пути, формировались из многих меньших объектов — процесс, который, возможно, наблюдается и сегодня [22]. В свою очередь широкий класс небольших галактик, называемых карликовыми, в CDM-космологии рассматривается как видимые остатки этого процесса слияния. В Местной Группе, кроме Млечного Пути, M 31 и M 33, остальные около 40 галактик являются карликовыми, и важность изучения этих объектов не вызывает сомнения [35, 47]. В то же время CDM-модель предсказывает, что число карликовых галактик в Местной Группе должно быть почти на порядок больше, чем наблюдается [31, 38]. Для решения этой проблемы были предложены различные механизмы, которые могли повлиять на звездообразование в карликовых галактиках, основные из которых: вынос газа в результате взрывов Сверхновых [8, 11] и испарение газа под воздействием фонового УФ-излучения [3, 10, 15]. В первом случае эффективность ветров, порождаемых ранними сверхновыми, сильно зависит от параметров модели, в частности от начальной функции масс в ранней Вселенной [40]. В целом же гидродинамические моделирования показывают, что сверхновые могли заметно повлиять на ход эволюции в карликовых галактиках с массой  $M \leq 10^8 M_{\odot}$ . Кроме того, они могут объяснить их низкую металличность [34]. Второй механизм, сильное УФ-излучение, впервые был привлечен для объяснения спектров поглощения квазаров, по которым было обнаружено, что в межгалактической среде (IGM) на красных смещениях  $z < 6$  водород сильно ионизован [20]. Позже был сделан вывод, что после рекомбинации на  $z \sim 1000$  Вселенная прошла через эпоху реионизации, вызванную УФ-излучением от активных ядер галактик и горячих звезд. В эпоху реионизации температура IGM выросла до  $10^4$  K, что могло предотвратить падение газа в маломассивные темные гало и привести к почти полному его фотоиспарению в таких системах [44,

45]. Кроме того, фоновое УФ-излучение должно было подействовать на межзвездную среду уже сформировавшихся маломассивных галактик, уменьшив число нейтральных атомов в ней, и тем самым снизив темпы звездообразования. Согласно сценарию [16] первые звезды в большинстве карликовых галактик образовались до эпохи реионизации, а дальнейшее звездообразование имело место уже после охлаждения и нового притока газа, когда глобально уменьшилась интенсивность УФ-излучения на  $z = 1...2$  [3]. Надо заметить, что моделирование историй звездообразования конкретных карликовых галактик с учетом указанных эффектов сильно усложняется их зависимостью от факторов окружающей среды [5, 49], поэтому предложенные теории нуждаются в серьезной дальнейшей проверке.

На сегодняшний день проведено множество глубоких оптических наблюдений карликовых галактик как в Местной Группе, так и за ее пределами, целью которых была высокоточная фотометрия их звезд [35, 47] и построенные диаграммы цвет — звездная величина. Такие диаграммы позволяют определить не только возраст отдельных звезд, но и глобальные темпы звездообразования и химическую эволюцию систем. Следует ожидать, что указанные космологические эффекты можно найти в восстановленных историях звездообразования карликовых галактик. Действительно, почти все изученные карликовые галактики обнаруживают самую раннюю эпоху звездообразования [35], однако пока что трудно найти единый интервал времени, когда падают глобальные темпы звездообразования [19]. Это может быть связано с тем, что наиболее детально изучены галактики Местной Группы, многие из которых подвержены влиянию окружающей среды, в частности приливному воздействию Галактики и М 31. Но все же есть целый ряд карликовых галактик, таких как IC 1613, Leo I, Leo II, Leo A, Carina и Fornax, в которых, при наличии звезд с возрастом более 10 млрд лет, доминирует население промежуточного возраста в несколько миллиардов лет [42]. При этом восстановленные истории звездообразования карликовых галактик IC 1613 [43], Leo I [13] и Leo A [7] весьма похожи между собой и показывают снижение темпов звездообразования в эпоху от  $z = 6-7$  до  $z \approx 2$ . Кроме того, общий анализ диаграмм цвет — звездная величина ряда более отдаленных галактик, для которых сложнее детально изучить историю звездообразования, также показывает, что средний возраст звезд в них не больше 2—4 млрд лет (например SBS 1415+437 [2], UGC 4483 [25], NGC 2366 [46], DDO 210 [36]). Наконец, в карликовых галактиках I Zw 18 и SBS 0335-052 вообще трудно обнаружить следы самого раннего звездообразования, и возраст старых звезд в них может быть не более миллиарда лет [23, 25].

Галактика КК 230 ( $14^h07^m10.7^s$ ,  $+35^\circ03'37''$ ) впервые появилась в каталоге КК 1998 года [29] и была классифицирована как неправильная карликовая галактика (dIr) с очень низкой светимостью ( $M_B = -9.55^m$ ). Она попала в список галактик так называемого облака Гончих Псов (CVn I), объема пространства на периферии Местной Группы [28]. По оценкам, использующим точку обрыва ветви красных гигантов, расстояние до КК 230 равно 1.9 Мпк [21, 26]. В работе [27] указано, что приливной индекс для КК 230 равен  $-1.0$ , что означает сильную изолированность по отношению к соседним галактикам. В работе [4] рассматривалось распределение газа, его кинематика и звездообразование в галактике. Эмиссия в линии  $H_\alpha$  не зарегистрирована, т. е. сейчас в галактике практически нет звездообразования. Из наблюдений найдена масса нейтрального газа  $M_{HI} = 1.9 \cdot 10^6 M_\odot$ , масса звезд  $M_* = 1.0 \cdot 10^6 M_\odot$  и полная вириальная масса системы  $M_{VT} = 0.5 \cdot 10^8 M_\odot$  — большая часть массы КК 230 имеет, по-видимому, небари-

онное происхождение. В данной работе на основе последних наблюдений на камере ACS (Advanced Camera for Surveys) на Космическом телескопе Хаббла проводится более детальный фотометрический анализ звездного состава галактики КК 230. По полученной диаграмме цвет — звездная величина анализируется звездный состав галактики КК 230 и обсуждается ее эволюционный статус.

#### НАБЛЮДЕНИЯ И ФОТОМЕТРИЯ

Наблюдения КК 230 проводились в рамках программы HST GO 9771 (автор заявки И. Караченцев). Галактика наблюдалась на камере ACS, на ПЗС-матрицах WFC1 и WFC2 с полем зрения  $202'' \times 102''$  ( $0.05''/\text{пкл}$ ) в широкополосных фильтрах F606W и F814W, которым отвечают спектральные полосы  $V$  и  $I$  в системе Джонсона — Коузинс. Время экспозиции для КК 230 составило 1200 с в полосе  $V$  и 900 с в полосе  $I$ . Данные наблюдений были получены из архива HST после автоматической стандартной обработки, включающей удаление из изображений следов космических частиц. На рис. 1 представлено изображение КК 230 в полосе  $V$ . Галактика имеет неправильную, вытянутую вдоль направления север — юг форму без видимых областей H II. Наблюдается множество точек — ярких звезд КК 230. Их распределение неравномерно, со сгущением в центральной части. В поле зрения попало также много фоновых галактик, которые были удалены из списка фотометрии вручную. Для фотометрических измерений использовался модуль пакета DOLPHOT [12], предназначенный для обработки

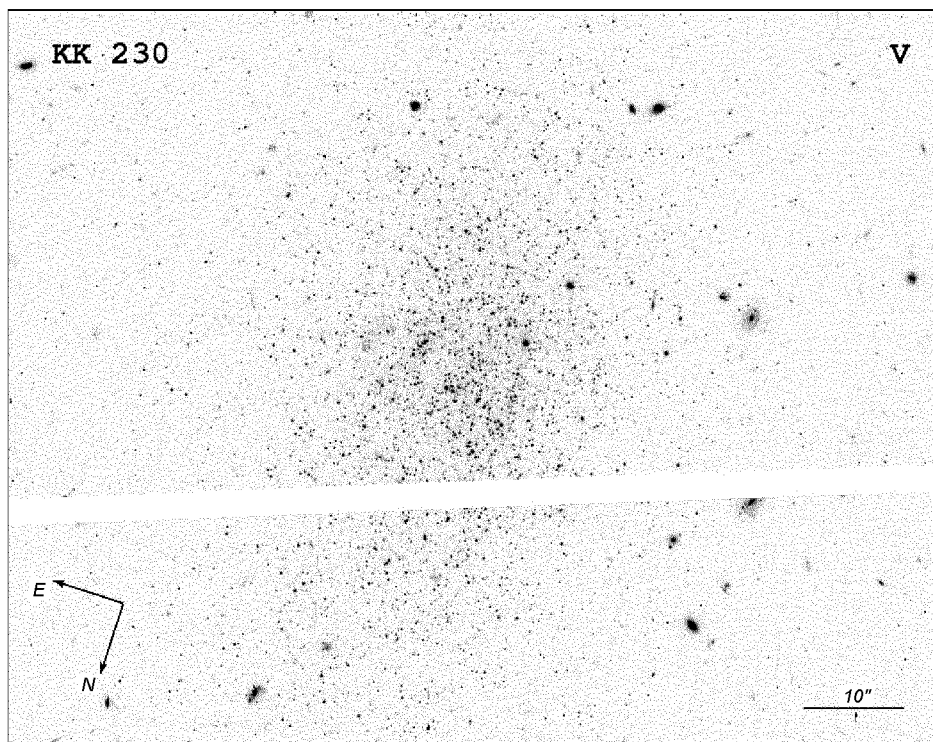


Рис. 1. Изображение карликовой неправильной галактики КК 230, полученное на камере HST/ACS в полосе  $V$

наблюдений на ACS-камере. После ряда тестов были выбраны оптимальные значения размера фотометрической апертуры (2.5), внутреннего и внешнего радиусов области вокруг звезды для измерения фона (6 и 15), размера PSF ( $5''$ ). Остальные параметры были взяты по умолчанию. Для минимизации числа ложных объектов из полученного списка фотометрии были удалены звезды с отношением сигнал/шум менее 5, ошибкой определения звездной величины  $\sigma > 0.2^m$  и резкостью звездного профиля более 0.25. Всего в окончательный список фотометрии попало 3055 звезд, найденных одновременно в полосах  $V$  и  $I$ . Все звездные величины были исправлены за поглощение света Галактикой, которое для КК 230 невелико и составляет  $A_V = 0.046$  и  $A_I = 0.027$  [41].

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ

На рис. 2 представлена диаграмма показатель цвета — звездная величина для звезд галактики КК 230, на которой штриховыми линиями показаны границы основных звездных эволюционных последовательностей. Для определения расстояния в работе использовался метод TRGB, за стандартную свечу в котором принимается точка обрыва ветви красных гигантов (TRGB), положение которой в абсолютной шкале звездных величин  $I$  практически не зависит от возраста звезд RGB и их металличности и составляет  $M_I \approx -4.0^m$  [9, 33]. Данный факт был установлен теоретически и наблюдательно для звезд с возрастом больше 2 млрд лет и металличностью  $-2.2 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.7$ . Модуль расстояния до объекта находился по формуле  $m - M = I_{\text{TRGB}} - M_{I,\text{TRGB}}$ , где  $I_{\text{TRGB}}$  — видимая звездная величина TRGB, а  $M_{I,\text{TRGB}}$  — абсолютная  $I$ -величина TRGB. Ввиду того, что КК 230 содержит довольно редкую RGB с малым количеством точек в районе TRGB, мы не стали строить функцию светимости RGB и по ее производной определять видимую звездную величину TRGB [33, 37].

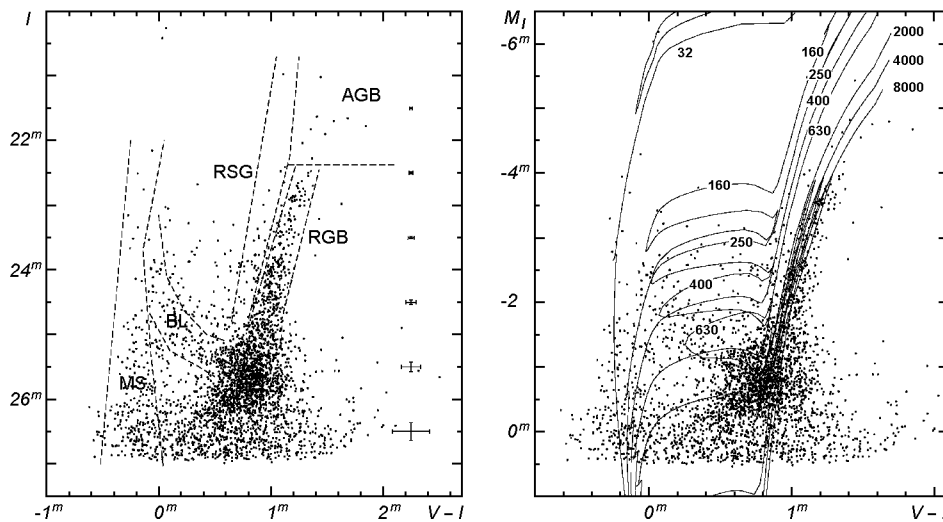


Рис. 2. Диаграмма показатель цвета — звездная величина, полученная для галактики КК 230. Штриховыми линиями показаны положения звезд главной последовательности (MS), голубых (BL) и красных (RSG) сверхгигантов, асимптотической ветви гигантов (AGB) и красных гигантов (RGB). Справа показаны средние ошибки звездной величины  $I$  и показателя цвета  $V - I$

Рис. 3. Диаграмма показатель цвета — звездная величина  $M_I - V - I$  КК 230 и наложенные поверх изохроны с металличностью  $Z = 0.0004$  для возрастов 32, 160, 250, 400, 630, 2000, 4000, 8000 млн лет [17]

Как видно из рис. 2, обрыв RGB намечается при  $I = 22.7^m$ . Еще немного выше видны три точки, для которых трудно сказать, относятся ли они к RGB или это уже звезды асимптотической ветви гигантов (AGB). По своим координатам они попадают во внешнюю часть гало, в то время как точки, лежащие выше, концентрируются ближе к центру. Кроме того, при наложении теоретических изохрон наблюдаемая последовательность голубых сверхгигантов (BL) намного лучше описывается изохронами с металличностью  $Z = 0.0004$  [17] при  $I_{\text{TRGB}} = 22.45^m$ , найденной по этим трем точкам, чем в случае  $I_{\text{TRGB}} = 22.7^m$ . Принимая  $M_{I, \text{TRGB}} = -4.05$ , получаем расстояние до КК 230 равным  $D = 2.0$  Мпк, что хорошо согласуется с оценкой  $D = 1.92$  Мпк в работе [26]. Есть основания полагать, что из-за молодого возраста RGB-звезд величина  $M_{I, \text{TRGB}}$  для КК 230 может быть больше на  $0.1^m$ , о чем будет идти речь ниже. Тем не менее, в дальнейшем модуль расстояния КК 230 будем принимать равным  $m - M = 26.5^m$ .

#### ГЛАВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ГОЛУБЫЕ СВЕРХГИГАНТЫ

На рис. 3 представлена диаграмма показатель цвета — звездная величина  $M_I - (V - I)$  для КК 230, на которую наложены звездные изохроны с металличностью  $Z = 0.0004$  для возрастов 32, 160, 250, 400, 630, 2000, 4000, 8000 млн лет. Как уже отмечалось, согласно [4] сейчас звездообразования

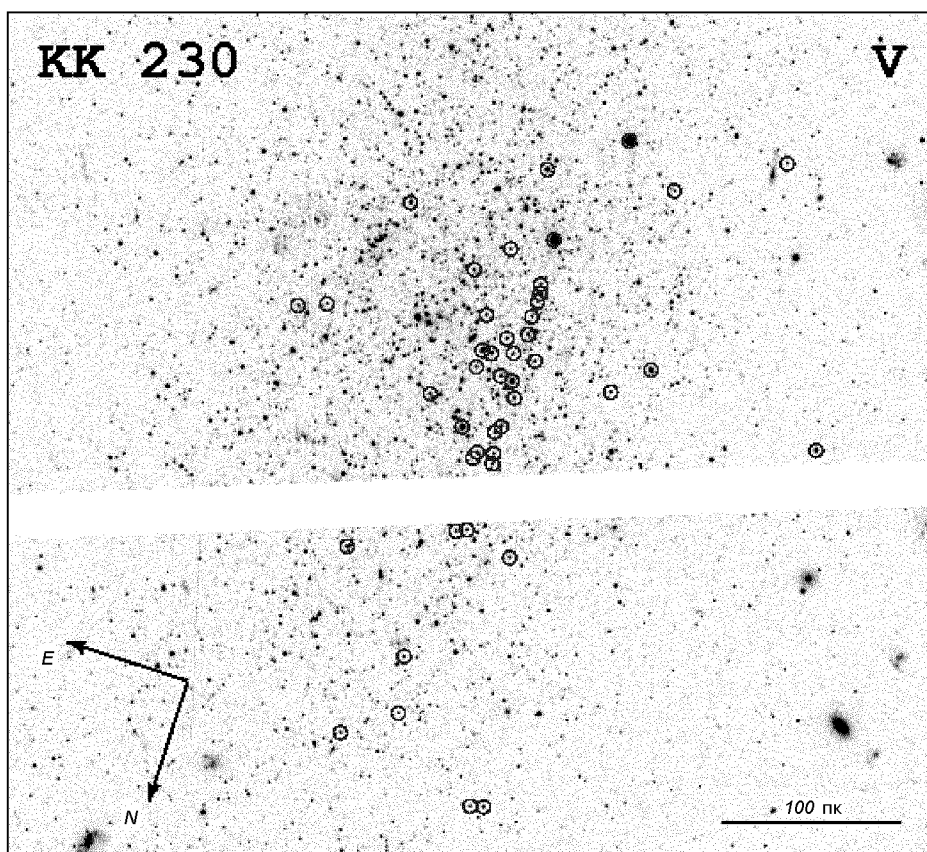


Рис. 4. Пространственное распределение звезд главной последовательности КК 230. Видно, что звезды располагаются четко вдоль направления север — юг. Две большие точки на юге являются яркими голубыми сверхгигантами галактики

в галактике нет, тем не менее на диаграмме КК 230 можно выделить бедную узкую главную последовательность. Изохрона, которая описывает ее, указывает на короткий эпизод звездообразования в недавнем прошлом — около 32 млн лет тому назад. На рис. 4 показано пространственное распределение звезд главной последовательности с абсолютной звездной величиной  $M_I < -0.5^m$ . Хорошо видно, что практически все они располагаются вдоль одной линии, параллельной направлению север — юг. В то же время в работе [4] было обнаружено, что поле скоростей H I имеет градиент около  $6 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \text{кпк}^{-1}$  в направлении восток — запад, т. е. перпендикулярно к линии MS-звезд. Таким образом, возможна связь между кинематикой газа и распределением самых молодых звезд в галактике. В частности, эти звезды могли образоваться на фронте ударной волны. Необходимо заметить, что похожая пространственная анизотропия проявляется и для BL-звезд КК 230, только их линия более размыта, возможно ввиду больших расстояний, на которые успели переместиться более старые BL-звезды за время своей жизни. Анализируя BL-последовательность по наложенным изохронам, можно также сделать вывод, что в интервале от 32 до 160 млн лет звездообразование в КК 230 практически не происходило, и, судя по вариациям плотности звезд вдоль BL, в более отдаленном прошлом оно было также очень неравномерным.

#### КРАСНОЕ СГУЩЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА СТАРОГО НАСЕЛЕНИЯ

Наиболее населенной областью на диаграмме для КК 230 (рис. 2) безусловно является красное сгущение (RC). Определяя положение RC в интервале  $25.25^m < I < 26.25^m$  и  $0.55^m < V - I < 1.0^m$ , можно найти, что в нем находится около трети всех звезд на диаграмме. Красное сгущение состоит из звезд довольно низкой массы  $M \leq 2 M_\odot$  с возрастом не менее 1 млрд лет, в ядрах которых проходят реакции горения гелия. Известно, что в таких звездах по ходу исчерпания запасов водорода развивается электронно-вырожденное гелиевое ядро, и звезда поднимается по ветке красных гигантов вверх. В точке обрыва ветви красных гигантов (TRGB), где масса гелиевого ядра составляет  $0.45 M_\odot$ , и тогда происходит резкая вспышка возгорания гелия, которая снимает вырождение в ядре, после чего звезда за короткий промежуток времени опускается на диаграмме в область RC, где реакции

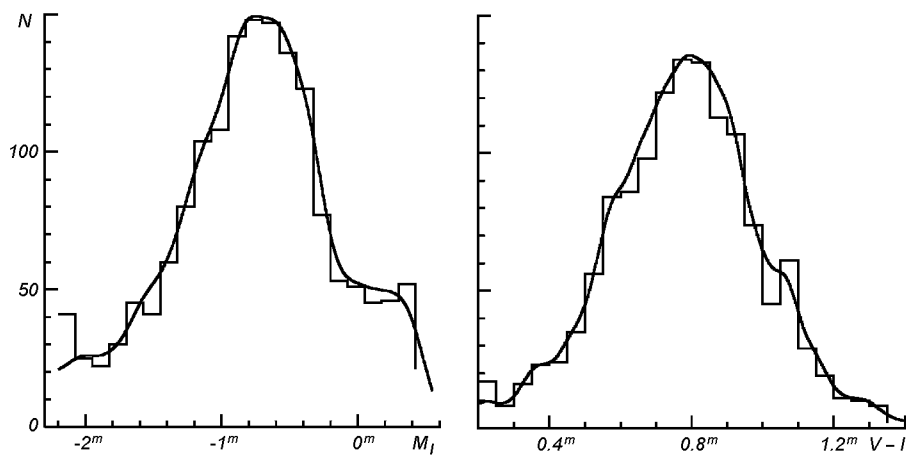


Рис. 5. Функции светимости, полученные для красного сгущения КК 230. Максимумы функций светимости соответствуют значениям  $M_{I,RC} = -0.75^m$  и  $(V - I)_{I,RC} = 0.8$

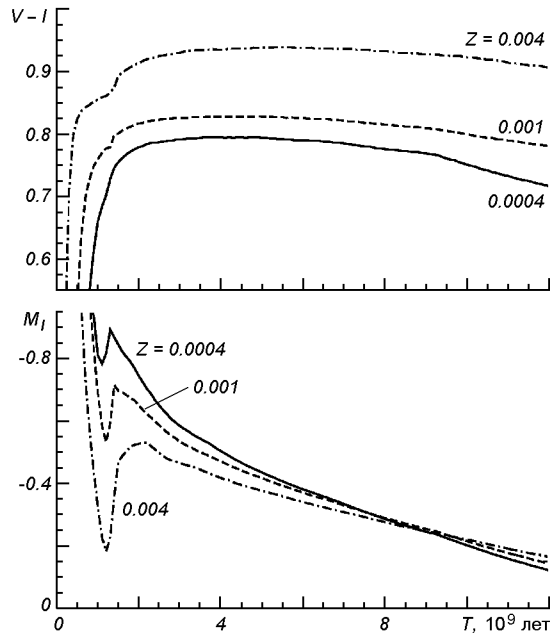


Рис. 6. Теоретические зависимости [18]: *a* — звездной величины  $M_{I,RC}$  и *b* — показателя цвета  $(V - I)_{I,RC}$  для красного сгущения от возраста  $t$  для разных металличностей

горения гелия проходят уже спокойно на протяжении миллиардов лет. Было проведено много теоретических исследований RC, мотивированных тем, что средняя звездная величина RC может использоваться как стандартная свеча [39]. В работе [18] было показано, что абсолютная звездная величина  $M_{I,RC}$  зависит главным образом от возраста звезд, населяющих RC, в то время как его показатель цвета  $(V - I)_{I,RC}$  определяется металличностью.

На рис. 5 представлены функции светимости  $M_I$  и  $V - I$  выбранной области RC КК 230, по которым можно найти, что средняя звездная величина  $M_{I,RC}$  для КК 230 равна  $-0.8^m$ , а его средний показатель цвета  $(V - I)_{I,RC} = 0.80^m$ . Полученные в работе [18] теоретические зависимости  $M_{I,RC}$  и  $(V - I)_{I,RC}$  от возраста  $t$  для металличностей  $Z = 0.0004, 0.001$  и  $0.004$  показаны на рис. 6. Исходя из них, можно заключить, что значение  $(V - I)_{I,RC}$  КК 230 отвечает металличности звезд в интервале от  $Z = 0.0004$  до  $0.001$ , а из рис. 6, *b* ясно, что при  $M_{I,RC} = -0.8^m$  и металличности  $Z = 0.0004$  возраст красного сгущения КК 230 равен около 2 млрд лет. Если бы звездная величина TRGB была больше, как обсуждалось выше, то найденная оценка возраста была бы еще меньше. Даже с учетом того, что ошибка определения звездной величины  $M_{I,RC}$  может составлять  $0.1-0.2^m$ , максимальный возраст звездного населения RC КК 230 не превысит 3 млрд лет. Данный вывод не исключает наличия более старых звезд в галактике, но по морфологии RC на диаграмме цвет — блеск для КК 230 можно сказать, что их относительный вклад должен быть весьма невелик. Заметим, что изохрона  $Z = 0.0004$  для 2 млрд лет на рис. 3 не описывает наблюдаемую RGB КК 230 и лежит примерно на  $0.2^m$  левее в районе TRGB. Подобные систематические отклонения изохрон по цвету при описании RGB наблюдаемых шаровых скоплений и галактик отмечались и раньше [9, 24, 46].



## ОБСУЖДЕНИЕ

Как было показано выше, в рассмотренной dIг-галактике КК 230 доминирует звездное население промежуточного возраста (2–3 млрд лет). Для всех карликовых галактик с возрастом основной части звезд менее 10 млрд лет, важным является вопрос, почему звездообразование в этих системах началось так поздно? Надо отметить, что галактика КК 230 является достаточно изолированной системой, так что в ходе ее эволюции приливные эффекты среды от Млечного Пути и М31 не должны были сыграть большую роль. Полная динамическая масса КК 230, найденная из наблюдений кинематики газа H I, составляет  $0.5 \cdot 10^8 M_{\odot}$  [4]. В рамках упомянутых космологических гипотез это означает, что галактика в свое время могла быть заметно подвергнута влиянию эффектов, связанных с эпохой реионизации. Подобные выводы были сделаны недавно и для целого ряда других галактик, в частности для DDO 210 [36] и Leo A [7]. Интересно отметить, что после первых наблюдений галактики Leo A был сделан вывод, что большинство ее звезд имеет возраст не более 2 млрд лет, а доля более старых теоретически составляет не более 10 % от всей массы звезд [48]. Доказательством наличия в галактике старых звезд (> 11 млрд лет) стало открытие в Leo A переменных звезд типа RR Лиры [14]. Последний расчет истории звездообразования по глубоким наблюдениям на HST/ACS показал, что 90 % звезд Leo A образовались менее чем 8 млрд лет тому назад с пиком звездообразования в эпоху 1.5–4 млрд лет [7]. Вполне возможно, что после проведения более глубоких оптических наблюдений подобная ситуация обнаружится и для КК 230. Исследования другой изолированной маломассивной карликовой галактики DDO 210 показали, что ее возраст по RC составляет около 4 млрд лет, а после моделирования формы RC вклад старого населения (> 10 млрд лет) был оценен в 20–30 % от массы всех звезд. Наблюдения изолированной dIг-галактики IC 1613 также показали, что основной эпизод звездообразования в ней длился в период от 3 до 6 млрд лет. В целом полученные зависимости темпов звездообразования от времени в галактиках Leo A, IC 1613, а также Leo I [13] весьма похожи между собой и обнаруживают такие основные периоды: короткий слабый эпизод самого раннего звездообразования, сильное снижение темпа звездообразования и затем постепенное их увеличение вплоть до пика примерно 2–4 млрд лет тому назад. Для объяснения этого для DDO 210 [36] и Leo A [7] был предложен космологический сценарий, подходящий, возможно, и для КК 230, согласно которому гало темной материи, из которых образовались эти галактики, захватили основную массу H I до эпохи реионизации, но только малая ее доля участвовала сразу в звездообразовании, основная же часть находилась в нагретой форме под влиянием фонового УФ-излучения и вспышек сверхновых. Повышение темпов звездообразования в более позднюю эпоху связывается с уменьшением фонового УФ-излучения, после которого газ смог охладиться и конденсироваться в звезды. Другое объяснение молодого звездного населения в галактиках связано с более поздним захватом газа, но это кажется не очень эффективным механизмом в рассмотренных изолированных маломассивных системах.

## ВЫВОДЫ

На основе архивных данных наблюдений на Космическом телескопе Хаббла на ACS-камере в спектральных полосах *V* и *I* был проведен детальный фотометрический анализ звездного населения в неправильной карликовой галактике КК 230. С помощью пакета DOLPHOT получена диаграмма

показатель цвета — звездная величина, содержащая 3055 звезд и достигающая  $27^m$  в полосе *I*. Диаграмма показывает, что галактика содержит звезды различных звездных населений. Самые молодые звезды представлены на диаграмме в виде узкой главной последовательности с возрастом около 32 млн лет, измеренному по теоретическим изохронам [17]. Изучение пространственного распределения выявило, что эти молодые звезды распределены не равномерно, а вдоль определенной линии, что, возможно, связано с особенностями кинематики нейтрального газа в галактике [4]. Более старые голубые и красные сверхгиганты КК 230 имеют возраст не меньше 160 млн лет, и по распределению на диаграмме цвет — звездная величина показывают, что звездообразование в галактике проходило в последние несколько сотен миллионов лет неравномерно, с чередованием периодов отдельной активности и спокойствия. По точке обрыва ветви красных гигантов был найден модуль расстояния  $m - M = 26.5^m$ , что соответствует расстоянию до галактики  $D = 2$  Мпк. Важный результат получен при изучении наиболее населенной части диаграммы КК 230 — красного сгущения. На основе теоретических зависимостей абсолютной звездной величины красного сгущения и его показателя цвета от возраста и металличности, найдено, что металличность наиболее старых звезд КК 230 равна  $Z \approx 0.0004$ , и их возраст не превышает 2-3 млрд лет. Рассматривая эволюционный статус галактики в рамках современных космологических теорий, можно заключить, что такой молодой возраст КК 230 может объясняться задержкой в ходе звездообразования, связанной с влиянием эффектов эпохи реионизации Вселенной.

1. Якобчук Т. Н., Изотов Ю. И. Галактика I Zw 18: определение возраста и расстояния по наблюдениям на Космическом телескопе Хаббла // Кинематика и физика небес. тел.—2006.—22, № 6.—С. 432—446.
2. Aloisi A., van der Marel R. P., Mack J., et al. Do young galaxies exist in the local universe? Red giant branch detection in the metal-poor dwarf galaxy SBS 1415+437 // *Astrophys. J.*—2005.—631, N 1.—P. L45—L48.
3. Babul A., Rees M. J. On dwarf elliptical galaxies and the faint blue counts // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1992.—255, N 2.—P. 346—350.
4. Begum A., Chengalur J. N., Karachentsev I. D., et al. Gas distribution, kinematics and star formation in faint dwarf galaxies // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2006.—365, N 4.—P. 1220—1234.
5. Benson A. J., Frenk C. S., Baugh C. M., et al. The effects of photoionization on galaxy formation. III. Environmental dependence in the luminosity function // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2003.—343, N 2.—P. 679—691.
6. Cioni M.-R. L., Girardi L., Marigo P., Habing H. J. AGB stars in the Magellanic Clouds. II. The rate of star formation across the LMC // *Astron. and Astrophys.*—2006.—448, N 1.—P. 77—91.
7. Cole A. A., Skillman E. D., Tolstoy E., et al. Leo A: Late-blooming survivor of the epoch of reionization in the Local Group // *Astrophys. J.*—2007.—659, N 1.—P. L17—L20.
8. Couchman H. M. P., Rees M. J. Pregalactic evolution in cosmologies with cold dark matter // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1986.—221, N 1.—P. 53—62.
9. Costa G. S., Armandroff T. E. Standard globular cluster giant branches in the  $(M_I, (V-I)_0)$  plane // *Astron. J.*—1990.—100, N 1.—P. 162—181.
10. Dekel A., Rees M. J. Physical mechanisms for biased galaxy formation // *Nature.*—1987.—326, N 6112.—P. 455—462.
11. Dekel A., Silk J. The origin of dwarf galaxies, cold dark matter, and biased galaxy formation // *Astrophys. J.*—1986.—303, N 1.—P. 39—55.
12. Dolphin A. E. WFPC2 stellar photometry with HSTphot // *Publ. Astron. Soc. Pacif.*—2000.—112, N 776.—P. 1383—1396.
13. Dolphin A. E. Numerical methods of star formation history measurement and applications to seven dwarf galaxies // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2002.—332, N 1.—P. 91—108.
14. Dolphin A. E., Saha A., Claver J., et al. Variable stars in Leo A: RR Lyrae stars, short-period cepheids, and implications for stellar content // *Astron. J.*—2002.—123, N 6.—P. 3154—3198.

15. *Efstathiou G.* Suppressing the formation of dwarf galaxies via photoionization // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1992.—256, N 2.—P. 43P—47P.
16. *Ferrara A., Tolstoy E.* The role of stellar feedback and dark matter in the evolution of dwarf galaxies // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2000.—313, N 2.—P. 291—309.
17. *Girardi L., Bertelli G., Bressan A., et al.* Theoretical isochrones in several photometric systems. I. Johnson-Cousins, HST/WFPC2, HST/NICMOS, Washington, and ESO Imaging Survey filter sets // *Astron. and Astrophys.*—2002.—391, N 1.—P. 195—212.
18. *Girardi L., Salaris M.* Population effects on the red giant clump absolute magnitude, and distance determinations to nearby galaxies // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2001.—323, N 1.—P. 109—129.
19. *Grebel E. K., Gallagher J. S.* The impact of reionization on the stellar populations of nearby dwarf galaxies // *Astrophys. J.*—2004.—610, N 2.—P. L89—L92.
20. *Gunn J. E., Peterson B. A.* On the density of neutral hydrogen in intergalactic space // *Astrophys. J.*—1965.—142.—P. 1633—1641.
21. *Huchtmeier W. K., Karachentsev I. D., Karachentseva V. E.* H I observations of nearby galaxies. II. The second list of the Karachentsev catalog // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—2000.—147, N 2.—P. 187—194.
22. *Ibata R. A., Gilmore G., Irwin M. J.* A dwarf satellite galaxy in Sagittarius // *Nature.*—1994.—370, N 6486.—P. 194—196.
23. *Izotov Y. I., Lipovetsky V. A., Chaffee F. H., et al.* SBS 0335-052, a probable nearby young dwarf galaxy: evidence pro and con // *Astrophys. J.*—1997.—476, N 2.—P. 698.
24. *Izotov Y. I., Thuan T. X.* Hubble Space Telescope observations of the cometary blue compact dwarf galaxy UGC 4483: a relatively young galaxy? // *Astrophys. J.*—2002.—567, N 2.—P. 875—891.
25. *Izotov Y. I., Thuan T. X.* Deep Hubble Space Telescope ACS observations of I Zw 18: a young galaxy in formation // *Astrophys. J.*—2004.—616, N 2.—P. 768—782.
26. *Karachentsev I. D., Dolphin A., Tully R. B., et al.* Advanced Camera for Surveys imaging of 25 galaxies in nearby groups and in the field // *Astron. J.*—2006.—131, N 3.—P. 1361—1376.
27. *Karachentsev I. D., Karachentseva V. E., Huchtmeier W. K., Makarov D. I.* A catalog of neighboring galaxies // *Astron. J.*—2004.—127, N 4.—P. 2031—2068.
28. *Karachentsev I. D., Sharina M. E., Dolphin A., et al.* Galaxy flow in the Canes Venatici I cloud // *Astron. and Astrophys.*—2003.—398, N 2.—P. 467—477.
29. *Karachentseva V. E., Karachentsev I. D.* A list of new nearby dwarf galaxy candidates // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*—1998.—127, N 3.—P. 409—419.
30. *Kauffmann G., White S. D. M., Guiderdoni B.* The formation and evolution of galaxies within merging dark matter halos // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1993.—264, N 1.—P. 201—218.
31. *Klypin A., Kravtsov A. V., Valenzuela O., Prada F.* Where are the missing galactic satellites? // *Astrophys. J.*—1999.—522, N 1.—P. 82—92.
32. *Krist J., Hook R.* The Tiny Tim User's Guide: Version 6.3. — Norwalk: STScI, 2004.
33. *Lee M. G., Freedman W. L., Madore B. F.* The tip of the red giant branch as a distance indicator for resolved galaxies // *Astrophys. J.*—1993.—417, N 2.—P. 553—559.
34. *Mac Low M.-M., Ferrara A.* Starburst-driven mass loss from dwarf galaxies: efficiency and metal ejection // *Astrophys. J.*—1999.—513, N 1.—P. 142—155.
35. *Mateo M.* Dwarf galaxies of the Local Group // *Annu. Rev. Astron. and Astrophys.*—1998.—36.—P. 435—506.
36. *McConnachie, A. W., Arimoto N., Irwin M., Tolstoy E.* The stellar content of the isolated transition dwarf galaxy DDO 210 // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2006.—373, N 2.—P. 715—728.
37. *Mendez B., Davis M., Moustakas J., et al.* Deviations from the Local Hubble Flow. I. The tip of the red giant branch as a distance indicator // *Astron. J.*—2002.—124, N 1.—P. 213—233.
38. *Moore B., Ghigna S., Governato F., et al.* Dark matter substructure within galactic halos // *Astrophys. J.*—1999.—524, N 1.—P. L19—L22.
39. *Paczynski B., Stanek K. Z.* Galactocentric distance with the Optical Gravitational Lensing Experiment and HIPPARCOS red clump stars // *Astrophys. J.*—1998.—494, N 2.—P. L219—L222.
40. *Ricotti M., Ostriker J. P.* Reionization, chemical enrichment and seed black holes from the first stars: is Population III important? // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—2004.—350, N 2.—P. 539—551.
41. *Schlegel D. J., Finkbeiner D. P., Davis M.* Maps of dust infrared emission for use in estimation of reddening and cosmic microwave background radiation foregrounds // *Astrophys. J.*—1998.—500, N 2.—P. 525—553.
42. *Skillman E. D.* Reionization and the fate of dwarf galaxies // *The Ninth Texas-Mexico Conference on Astrophysics / Eds S. Torres-Peimbert, G. MacAlpine.* — San Antonio, Texas, USA, 2005.—23.—P. 85—92.

43. Skillman E. D., Tolstoy E., Cole A. A., et al. Deep Hubble Space Telescope imaging of IC 1613. II. The star formation history // *Astrophys. J.*—2003.—**596**, N 1.—P. 253—272.
44. Susa H., Umemura M. The effects of early cosmic reionization on the substructure problem in galactic halos // *Astrophys. J.*—2004.—**610**, N 1.—P. L5—L8.
45. Thoul A., Weinberg D. H. Hydrodynamic simulations of galaxy formation. II. Photoionization and the formation of low-mass galaxies // *Astrophys. J.*—1996.—**465**, N 2.—P. 608—616.
46. Thuan T. X., Izotov Y. I. The HST study of the stellar populations in the cometary dwarf irregular galaxy 2366 // *Astrophys. J.*—2005.—**627**, N 2.—P. 739—753.
47. Tolstoy E. Stellar populations in dwarf galaxies: A review of the contribution of HST to our understanding of the nearby universe // *A decade of Hubble Space Telescope science* / Eds M. Livio, K. Noll, M. Stiavelli. — Cambridge: Univ. Press, 2003.—P. 128—152.
48. Tolstoy E., Gallagher J. S., Cole A. A., et al. Wide Field Planetary Camera 2 observations of Leo A: a predominantly young galaxy within the Local Group // *Astron. J.*—1998.—**116**, N 3.—P. 1244—1262.
49. Tully R. B., Somerville R. S., Trentham N., Verheijen M. A. W. Squelched galaxies and dark halos // *Astrophys. J.*—2002.—**569**, N 2.—P. 573—581.
50. White S. D. M., Rees M. J. Core condensation in heavy halos — A two-stage theory for galaxy formation and clustering // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1978.—**183**.—P. 341—358.

Поступила в редакцию 02.08.07