

УДК 524.62-32

С. П. Рыбка, А. И. Яценко

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

**Кинематика толстого диска по данным
о звездах-гигантах «красного сгущения» в области
северного полюса Галактики**

Исследовано распределение скоростей радиального движения (U) и вращения (V) гигантов «красного сгущения» в зависимости от их высоты над галактической плоскостью. Звезды этого типа выделены из сводного каталога собственных движений и инфракрасной фотометрии звезд в области северного полюса Галактики по диаграмме «цвет — приведенное собственное движение». По данным для 1800 гигантов «красного сгущения», которые находятся на высотах 1—3 кпк и преимущественно принадлежат толстому диску, определены средние кинематические параметры этого компонента диска: $U_0 = -18 \pm 2$ км/с, $V_0 = -56 \pm 1$ км/с, $\sigma_U = 72 \pm 2$ км/с, $\sigma_V = 58 \pm 1$ км/с. Показана зависимость скорости асимметричного дрейфа V_0 и дисперсии скоростей σ_U , σ_V от высоты звезд над галактической плоскостью.

КИНЕМАТИКА ТОВСТОГО ДИСКУ ЗА ДАНИМИ ЗІР-ГІГАНТІВ «ЧЕРВОНОГО ЗГУЩЕННЯ» В ОБЛАСТІ ПІВНІЧНОГО ПОЛЮСА ГАЛАКТИКИ, Рыбка С. П., Яценко А. І. — Досліджено розподіл швидкостей радіального руху (U) та обертання (V) гігантів «червоного згущення» залежно від їхньої висоти над галактичною площиною. Зорі цього типу виділені зі зведеного каталогу власних рухів та інфрачервоної фотометрії зір в області північного полюса Галактики з використанням діаграми «колір — приведений власний рух». За даними для 1800 гігантів «червоного згущення», які перебувають на висотах 1—3 кпк і переважно належать товстому диску, визначено середні кінематичні параметри цієї складової диску: $U_0 = -18 \pm 2$ км/с, $V_0 = -56 \pm 1$ км/с, $\sigma_U = 72 \pm 2$ км/с, $\sigma_V = 58 \pm 1$ км/с.

Показано залежність швидкості асиметричного дрейфу V_0 і дисперсії швидкостей U , V від висоти зір над галактичною площиною.

THICK DISK KINEMATICS FROM DATA ON RED CLUMP GIANTS AT THE NORTH GALACTIC POLE, by Rybka S. P., Yatsenko A. I. — The distribution of radial (U) and rotational (V) velocities of red clump giants was studied as a function of their heights above galactic plane. The stars of this type were selected from the compiled catalogue of stellar proper motions and infrared photometry at the north galactic pole with the use of the diagram “colour — reduced proper motion”. Based on the data on 1800 red clump giants located at heights from 1 to 3 kpc (mostly thick disk stars) mean kinematic parameters of the thick disk were determined: $U_0 = -18 \pm 2$ km/s, $V_0 = -56 \pm 1$ km/s, $U = 72 \pm 2$ km/s, $V = 58 \pm 1$ km/s. It is shown that velocity of asymmetric drift V_0 and velocity dispersions U , V depend on heights above the galactic plane.

ВВЕДЕНИЕ

Все имеющиеся в настоящее время наблюдательные данные свидетельствуют о том, что звездное население диска Галактики образовано двумя подсистемами, названными толстым и тонким дисками. Звезды этих подсистем отличаются пространственным распределением, возрастом, химическим составом и кинематикой. Так, звезды толстого диска старше по возрасту и беднее металлами, чем старые звезды тонкого диска. Они имеют увеличенную дисперсию скоростей, существенное отставание в галактическом вращении и распределены по высоте над плоскостью Галактики с большим вертикальным масштабом.

Если наличие толстого диска в Галактике надежно доказано, то его формирование и связь с тонким диском все еще является предметом дискуссии. Предложено несколько моделей формирования толстого диска, в рамках которых можно описать распределение звездного населения по химическому составу, возрасту, кинематике и высоте над галактической плоскостью. Однако неопределенность полученных до настоящего времени параметров соответствующих распределений препятствует надежному наблюдательному подтверждению предложенных моделей. В частности, есть противоречия между результатами определения кинематических параметров толстого диска. Поэтому возникает необходимость их нового определения и уточнения на основе больших выборок звезд с высокоточными кинематическими и фотометрическими данными. При этом необходимо формировать достаточно глубокие выборки звезд, чтобы достичь далеких расстояний от галактической плоскости, где доминирует население толстого диска. Исследование околополярных областей Галактики имеет ряд преимуществ по сравнению с другими участками на небес-

ной сфере. Они заключаются в минимальном межзвездном поглощении и более легком доступе к населению толстого диска. Появляется также возможность получить информацию о скорости вращения и скорости радиального движения звезд этой подсистемы Галактики по собственным движениям и фотометрическим данным без привлечения лучевых скоростей.

Большая заинтересованность в исследованиях гигантов, находящихся на эволюционной стадии «красного сгущения» (КС), обусловлена их характерными физическими свойствами. Благодаря достаточно высоким и практически одинаковым светимостям, они используются в качестве «стандартных свечей» при измерении расстояний фотометрическим способом. С одной стороны, высокая светимость гигантов КС позволяет изучать звездное население диска далеко от Солнца и плоскости Галактики. С другой стороны, небольшое различие светимостей (абсолютных звездных величин) гигантов КС дает возможность получить надежные оценки расстояний до них, используя средние абсолютные величины вместо индивидуальных значений при вычислении расстояний. Важно и то, что вследствие относительно высокой пространственной плотности гигантов КС их большое число сравнительно легко отождествить на инфракрасных диаграммах «цвет — звездная величина» или «цвет — приведенное собственное движение».

В настоящей работе исследуется кинематика гигантов КС в зависимости от их высоты над галактической плоскостью. Они выделены из сводного каталога собственных движений и трехцветной инфракрасной фотометрии 23633 звезд с полнотой до $K_s = 11.5^m$ ($V = 14^m$) в области северного полюса Галактики [1], площадь которой составляет примерно 700 кв. пк . Он получен путем объединения данных о собственных движениях звезд, содержащихся в каталогах «Tycho-2», UCAC2, ФОНАК и дополнен ИК-фотометрией 2MASS. Собственные движения звезд сводного каталога определены в Международной небесной системе отсчета, обладающей ничтожно малым остаточным вращением (0.25 мсд/год), что позволяет изучать движения звезд в фактически инерциальной системе координат. Точность собственных движений, составляя в среднем по каталогу 2.5 мсд/год, характерна для гигантов КС со звездными величинами K_s от 8.4 до 11.0^m . Они расположены на расстояниях от 1 до 3 кпк и преимущественно принадлежат толстому диску. Точность 2.5 мсд/год соответствует ошибке в скоростях этих звезд, равной 23 км/с на среднем расстоянии 1.9 кпк от плоскости Галактики. Вследствие этого средняя дисперсия их peculiar скоростей может увеличиться лишь на 6 % по отношению к значению 70 км/с, которое типично для звезд толстого диска. Инфракрасные звездные величины J , H , K_s , содержащиеся в сводном каталоге, взяты из каталога 2MASS. Они получены с точностью 0.02, 0.03, 0.02^m соответственно для указанного выше интервала K_s . Высокая точность и однородность перечисленных данных способствует эффективному вы-

делению гигантов КС и позволяет находить надежные оценки расстояний до них.

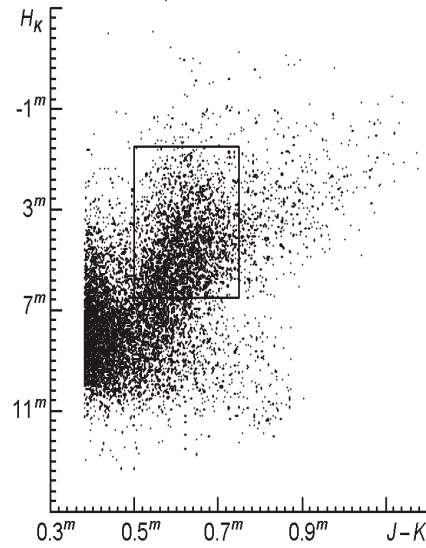
ВЫДЕЛЕНИЕ ГИГАНТОВ «КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ»

Одним из эффективных методов идентификации гигантов КС является анализ диаграммы «цвет — приведенное собственное движение», которая построена с привлечением фотометрических данных каталога 2MASS. Имея близкие по значению светимости и цвета, а также высокую пространственную плотность, они выделяются на таких диаграммах как компактное образование в интервале показателей цвета $J - K_s$ от 0.5 до 0.75^m [1]. Критическим аспектом указанного метода отбора отдельных типов звездного населения, в том числе и гигантов КС, считается возможный эффект селекции по собственным движениям. Однако еще Льюитен показал, что этот эффект не имеет определяющего значения при рассмотрении полных выборок звезд, а приведенные собственные движения, представляющие комбинацию звездных величин и собственных движений, являются кинематическим аналогом абсолютной звездной величины. Его последний вывод базируется на ярко выраженной зависимости между собственными движениями, светимостями и расстояниями до звезд: у близких звезд собственные движения в среднем больше, а светимости меньше, чем у далеких звезд. Метод отбора гигантов КС, предложенный Лопесом-Корредойрой и др. [9], основан исключительно на фотометрических критериях, и полностью свободен от эффекта селекции по собственным движениям. Однако применить этот метод для выделения гигантов КС в околополярной области не представляется возможным ввиду его ограничения по звездной величине. Так, чтобы минимизировать примесь карликов в составе расположенных на высоких галактических широтах кандидатов КС, необходимо ограничиться звездами ярче $K_s = 10^m$ [4]. А это означает, что в области галактических полюсов можно эффективно выделить гиганты КС лишь до высоты $z = 2$ кпк над галактической плоскостью. Такая предельная высота вдвое меньше высоты $z = 4$ кпк, необходимой для охвата большинства населения толстого диска. Однако при использовании комбинированного фотометрического и кинематического критерия эффективное отделение гигантов КС от карликов возможно до $K_s = 11.5^m$ [1], т. е. предельная высота первых над галактической плоскостью как раз и составляет 4 кпк.

Исходя из всего изложенного выше, в настоящей работе для отбора гигантов КС применялась диаграмма «цвет — приведенное собственное движение», полученная по данным сводного каталога. С этой целью были вычислены приведенные собственные движения H_K в полосе K_s по формуле

$$H_K = K_s + 5 \lg \quad + 5, \quad (1)$$

Диаграмма «цвет — приведенное собственное движение» для звезд ярче 11.5^m с показателями цвета $J - K > 0.4^m$. Область вероятного расположения гигантов КС обозначена прямоугольником



где μ — полное собственное движение, исправленное за галактическое вращение.

На рисунке изображена диаграмма ($J - K_s, H_K$), построенная для звезд ярче 11.5^m с показателями цвета больше 0.40^m . При этом для более эффективного выделения гигантов КС использовались звезды, ошибки собственных движений которых составляют меньше 5 мсд/год. На диаграмме заметно повышение плотности точек при $0.5^m < H_K < 6.5^m$ и $0.50^m < J - K_s < 0.75^m$, что соответствует области вероятного расположения гигантов КС. Во-первых, средний показатель цвета звезд, находящихся в этих пределах, равен 0.60^m , и это значение очень близко к нормальному показателю цвета гигантов КС 0.61 ± 0.01^m [4]. Во-вторых, выбранные пределы по H_K согласуются с их приблизительными значениями 0^m и 7^m , вычисленными при помощи формулы [11], являющейся простым преобразованием формулы (1):

$$H_K = M_K + 5 \lg V_T - 3.378,$$

где M_K — абсолютная звездная величина (в данном случае для гигантов КС принимает значение -1.62^m [3]), а V_T — тангенциальная скорость, заключенная в пределах от 10 до 250 км/с.

Следовательно, 2893 звезды, находящиеся на диаграмме в указанных выше пределах H_K и $J - K_s$, можно считать кандидатами КС. Безусловно, в этой выборке имеется примесь звезд других типов, которые нелегко идентифицировать без спектральной классификации. Однако близкие звезды (в основном К-карлики низкой светимости), неверно идентифицированные как гиганты КС и имеющие вследствие этого сильно переоцененные расстояния, можно исключить по их аномально большим тангенциальным скоростям (о применении этого критерия см. далее). Что касается примеси звезд, принадлежащих ветви гигантов и асимптотической ветви гигантов, то она, как показано в работе [9], существенно меньше примеси карликов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ДО ГИГАНТОВ «КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ»

Индивидуальные гелиоцентрические расстояния гигантов КС были найдены на основе их звездных величин K_s и известной калибровки абсолютных звездных величин гигантов КС в полосе K_s по формуле

$$\lg r = 0.2(K_s - M_K) + 1,$$

где r — расстояние до звезд, а значение калибровки $M_K = -1.62 \pm 0.03^m$ принято по данным Алвеса [3], которое он получил по высокоточным параллаксам из каталога HIPPARCOS. Межзвездное поглощение света, пренебрежимо малое в околополярных областях Галактики, при этом не учитывалось. Стандартное отклонение калибровки Алвеса, равное 0.22^m , вносит основной вклад в случайные ошибки определения расстояний, которые в среднем составляют 11%.

ВЫЧИСЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ РАДИАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И ВРАЩЕНИЯ ГИГАНТОВ «КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ»

В настоящей работе использована галактическая система координат с осями, направленными от наблюдателя к центру Галактики и в сторону галактического вращения. Значения U - и V -компонентов пространственной скорости звезд относительно Солнца в этой системе координат обычно вычисляют по формулам

$$U = V_l \sin l - V_b \cos l \sin b - V_r \cos l \cos b, \quad (2)$$

$$V = V_l \cos l + V_b \sin l \sin b + V_r \sin l \cos b, \quad (3)$$

где l и b — галактическая долгота и широта, U — скорость радиального движения, V — скорость вращения, V_r — лучевая скорость, $V_l = 4.74 \text{ } \mu r$ и $V_b = 4.74 \text{ } \nu r$ — скорости, соответствующие собственным движениям по галактической долготе l и широте b . Как видно из формул (2) и (3), для вычисления скоростей U и V необходимы данные о лучевых скоростях, которые в большинстве случаев неизвестны для исследуемых звезд. Однако для околополярных областей Галактики $\cos b \sim 0$, и поэтому в формулах (2) и (3) можно пренебречь третьим членом ввиду его малости. Именно так мы и вычислили U - и V -компоненты пространственных скоростей звезд, предварительно исправив собственные движения по галактической долготе l и широте b за вращение Галактики с постоянными Орота $A = 14.82 \pm 0.84 \text{ км с}^{-1} \text{кпк}^{-1}$, $B = -12.37 \pm 0.64 \text{ км с}^{-1} \text{кпк}^{-1}$ [6]. Необходимо отметить, что вычисленные скорости некоторых звезд не имеют физического смысла. Как уже упоминалось, вследствие неправильной классификации близких карликов их скорости сильно преувеличены. Чтобы исключить такие звезды из состава кандидатов

Оценки кинематических параметров U_0 , V_0 , u , v толстого диска и их средние квадратичные ошибки, которые получены по данным о гигантах КС на различных высотах над плоскостью Галактики

Интервал z , кпк	N	U_0 , км/с	u , км/с	u , км/с	V_0 , км/с	v , км/с	v , км/с
1.0—1.2	264	-17±4	69±3	12	-47±3	51±2	12
1.2—1.4	290	-17±4	63±3	13	-54±3	55±2	14
1.4—1.6	240	-19±5	77±4	16	-52±4	57±3	16
1.6—1.8	225	-14±5	75±4	18	-57±4	60±3	18
1.8—2.0	209	-18±5	77±4	20	-61±4	63±3	19
2.0—2.4	297	-20±6	78±5	21	-60±5	64±4	22
2.4—3.0	291	-22±8	84±7	26	-62±7	76±5	26

Примечание: u , v — средние ошибки определения скоростей U и V , N — количество звезд в каждом интервале z

КС, вводилось ограничение на скорости $|V_{l,b}| < 250$ км/с, что в 3.5 раза выше типичной для звезд толстого диска дисперсии скоростей (70 км/с). В результате применения этого ограничения выборка звезд КС сократилась на 8 %.

Ошибки найденных скоростей U и V зависят от ошибок расстояний, ошибок собственных движений и того обстоятельства, что лучевые скорости звезд неизвестны. Что касается вклада последних в ошибки U и V , то для исследуемой области он составляет менее 15 %. При малых собственных движениях и больших лучевых скоростях этот вклад может быть довольно значительным, однако в среднем он мал. Случайные ошибки определения U и V были вычислены на основе имеющихся ошибок собственных движений и расстояний при помощи формул, приведенных в работе [8]. Средние значения этих ошибок для семи интервалов высот звезд над галактической плоскостью представлены вместе с другими данными в таблице.

АНАЛИЗ СКОРОСТЕЙ РАДИАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И ВРАЩЕНИЯ ЗВЕЗД ТОЛСТОГО ДИСКА

Можно назвать несколько критериев для отбора звезд, принадлежащих толстому диску. С этой целью используются кинематические, спектральные и другие характеристики звезд, а также их пространственное распределение. Пространственный критерий основан на различной степени концентрации звезд толстого и тонкого дисков к плоскости Галактики. Так, с удалением от плоскости Галактики увеличивается доля населения толстого диска по сравнению со старым тонким диском, а вклад гало до определенных высот ничтожен. Согласно недавним исследованиям население тонкого диска доминирует на близких расстояниях ($z < 1$ кпк), а преобладающее большинство

населения толстого диска с меньшей пространственной плотностью, но с большим вертикальным масштабом, находится на высотах от 1 до 3—4 кпк [2, 7]. Дальше 5—8 кпк существенная доля звезд принадлежит гало. Если принять наиболее распространенные значения шкал высот толстого и тонкого дисков 0.8 и 0.25 кпк соответственно с относительной плотностью звезд первого в окрестности Солнца $\sim 10\%$, то доля звезд толстого диска в интервале высот от 1 до 3 кпк составит более 80 %.

Применяя для выделения звезд толстого диска пространственный критерий, мы составили выборку 1916 гигантов КС, находящихся на высотах от 1 до 3 кпк. Можно ожидать, что отобранные на таких высотах звезды преимущественно принадлежат толстому диску. Чтобы проверить это, мы получили и проанализировали распределения гигантов КС по U - и V -скоростям в семи отдельных интервалах z (см. таблицу). Анализ заключался в проверке соответствия наблюдаемых распределений гауссовому распределению. Результаты проверки при помощи χ^2 -критерия показали, что все распределения можно аппроксимировать гауссовой кривой при уровне значимости 5 %. В таких условиях нет оснований для представления наблюдаемых распределений суммой двух гауссовых кривых с различными параметрами, характеризующими распределения скоростей звезд толстого и тонкого дисков. Подтверждается также, что 1916 гигантов КС на высотах от 1 до 3 кпк преимущественно принадлежат одному компоненту диска. И этим компонентом, очевидно, является толстый диск, так как его звездное население распределено по z с большей шкалой высот, чем старое население тонкого диска.

Чтобы определить кинематические параметры гигантов КС, находящихся на высотах от 1 до 3 кпк и преимущественно принадлежащих толстому диску, использован классический метод, изложенный во многих работах. Согласно этому методу наблюдаемые распределения звезд по U - и V -скоростям для отдельных интервалов z были аппроксимированы кривой Гаусса при минимально возможном значении χ^2 -критерия. Полученные при этом положения пиков и стандартных отклонений распределений являются соответственно наилучшими оценками средних скоростей U_0 , V_0 и дисперсии скоростей σ_U , σ_V . Значения параметров U_0 , V_0 , σ_U , σ_V , характеризующих кинематику гигантов КС — членов толстого диска, приведены в таблице для разных высот z . Отметим, что гиганты КС тонкого диска не могут существенно изменить результаты определения перечисленных кинематических параметров, поскольку доля этих звезд на высотах от 1 до 3 кпк составляет по упомянутой выше оценке меньше 20 %.

Из таблицы видно, что с удалением от галактической плоскости увеличиваются дисперсии скоростей гигантов КС σ_U , σ_V и их средние скорости вращения $|V_0|$. Последние характеризуют асимметричный дрейф или отставание в галактическом вращении от группы ближайших к Солнцу звезд, определяющих движение местного стандарта

покоя (МСП). Напротив, средние радиальные скорости U_0 почти не зависят от z . Эти выводы подтверждаются полученными ниже результатами определения градиентов скоростей U, V и дисперсии скоростей U, V звезд по z .

Чтобы оценить величину этих градиентов, мы использовали уравнения

$$U = U(z_0) + U'(z - z_0),$$

$$V = V(z_0) + V'(z - z_0),$$

$$\sigma_U = \sigma_U(z_0) + \sigma_U'(z - z_0),$$

$$\sigma_V = \sigma_V(z_0) + \sigma_V'(z - z_0),$$

где $z_0 = 1.9$ кпк — средняя высота принадлежащих толстому диску гигантов КС, а σ_U, σ_V предварительно исправлены за случайные ошибки определения скоростей U, V . Решая эти уравнения способом наименьших квадратов, мы получили следующие значения неизвестных:

$$U(z_0) = -18.1 \pm 1.8 \text{ км/с}, \quad U' = -3.1 \pm 1.5 \text{ км с}^{-1} \text{кпк}^{-1},$$

$$V(z_0) = -56.0 \pm 1.0 \text{ км/с}, \quad V' = -9.1 \pm 1.9 \text{ км с}^{-1} \text{кпк}^{-1},$$

$$\sigma_U(z_0) = 72.1 \pm 1.5 \text{ км/с}, \quad \sigma_U' = 9.3 \pm 2.9 \text{ км с}^{-1} \text{кпк}^{-1},$$

$$\sigma_V(z_0) = 57.9 \pm 0.9 \text{ км/с}, \quad \sigma_V' = 12.4 \pm 1.6 \text{ км с}^{-1} \text{кпк}^{-1}.$$

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

С тех пор как в 1983 г. Гилмор и Рейд убедительно доказали существование толстого диска в нашей Галактике, предпринято множество попыток определения кинематических параметров этого компонента диска. Однако все еще не установлены точные значения скорости отставания от МСП и дисперсии скоростей звезд. Дискутируется также зависимость этих параметров от высоты звезд над плоскостью Галактики, которая обнаружена в ряде исследований. По разным оценкам скорость отставания существенно различается и находится в пределах от -20 до -120 км/с, причем ее значительные градиенты получены по выборкам звезд, находящихся на больших высотах z . Найденные нами значения средней скорости отставания $\bar{V}_0 = -56.0 \pm 1.0$ км/с и ее градиента $V' = -9.1 \pm 1.9$ км с⁻¹кпк⁻¹ согласуются в пределах 2 σ со значениями -63 ± 4 км/с и -16 ± 4 км с⁻¹кпк⁻¹, приведенными в работе [2]. Эти результаты получены на основе лучевых скоростей G-карликов, выбранных из обзора SDSS по спектральным характеристикам и металличности и имеющих, как и в настоящей

работе, высоты $1 < |z| < 3$ кпк. Используя глубокий обзор абсолютных собственных движений в области северного полюса Галактики, Маевский [10] нашел близкое значение $V = -21 \pm 1$ км с⁻¹кпк⁻¹ для карликов толстого диска. Однако, например, в работах [11, 12] заметного градиента скорости вращения не было обнаружено. В работе [11] проанализировано распределение U - и V -скоростей 2370 карликов по высоте над галактической плоскостью до $z = 2.8$ кпк в направлении северного полюса Галактики. В результате применения кинематического критерия выделено около 800 звезд толстого диска. Показано, что их скорости отставания мало зависят от z и составляют в среднем -52 ± 16 км/с. В работе [12] в качестве объектов исследования использовались гиганты КС, идентифицированные как звезды толстого диска до $z = 0.8$ кпк в направлении северного галактического полюса при помощи диаграмм «скорость — металличность». По анализу пространственных скоростей 200 гигантов КС толстого диска не обнаружен заметный градиент скоростей отставания. Среднее для толстого диска значение скоростей отставания составляет $\bar{V}_0 = -51 \pm 5$ км/с, которое практически совпадает со значением $\bar{V}_0 = -52 \pm 16$ км/с [11]. Эти значения хорошо согласуются с нашей оценкой $\bar{V}_0 = -56.0 \pm 1.0$ км/с, если не учитывать найденного нами умеренного градиента скорости отставания. Значения $\bar{V}_0 = -92 \pm 2$ км/с и $V = -30 \pm 3$ км с⁻¹кпк⁻¹ получены для звезд толстого диска в работе [7], где были использованы абсолютные собственные движения и инфракрасные фотометрические величины 1200 красных гигантов в области южного полюса Галактики. В отобранной по фотометрическим критериям выборке красных гигантов доминируют звезды толстого диска, что показано на основе анализа распределения численности звезд по высоте над галактической плоскостью в интервале $1 < |z| < 4$ кпк.

Найденная средняя радиальная скорость гигантов КС толстого диска $\bar{U}_0 = -18.1 \pm 1.8$ км/с лишь частично отражает пекулярное движение Солнца в направлении центра Галактики ($u_0 = 10.0 \pm 0.4$ км/с) [5]. Ее величина относительно МСП составляет -8.1 ± 1.8 км/с, что очень близко к значению -9.1 ± 2.7 км/с [7]. Заметные радиальные движения звезд обнаружены также и в ряде других исследований. Однако остается проблемой объяснение их происхождения. Более того, есть сомнения в реальности найденных радиальных движений звезд из-за не совсем корректного определения радиального движения МСП [11].

Полученные здесь дисперсии скоростей звезд толстого диска U и V показывают линейную зависимость от высоты над галактической плоскостью с градиентами 9.3 ± 2.9 и 12.4 ± 1.6 км с⁻¹кпк⁻¹ соответственно. Для средней высоты исследуемых звезд $z_0 = 1.8$ кпк найдены следующие значения дисперсии их скоростей: $U = 72 \pm 2$, $V = 58 \pm 1$ км/с. Эти значения меньше, чем полученные в работе [7] при $z_0 = 2.2$ кпк: $U = 92 \pm 3$, $V = 72 \pm 2$ км/с. Однако они больше оценок, приведенных в работах [11] ($U = 56 \pm 11$, $V = 43 \pm 6$ км/с) и [12] ($U = 63 \pm 6$, $V = 39 \pm 4$ км/с).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализированы скорости вращения и радиального движения большой выборки гигантов КС с высокоточными собственными движениями в системе ICRS и фотометрическими данными в системе 2MASS. С помощью пространственного критерия выделено около 1800 гигантов КС, преимущественно принадлежащих толстому диску, и на их основе определены кинематические параметры этой компоненты диска с точностью 1-2 км/с.

1. Рыбка С. П., Яценко А. И. Сводный каталог собственных движений и инфракрасной фотометрии звезд в области северного полюса Галактики // Кинематика и физика небес. тел.—2008.—**24**, № 3.—С. 238—244.
2. Allende Prieto C., Beers T. C., Ronald W., et al. A spectroscopic study of the ancient Milky Way: F- and G-type stars in the third data release of the Sloan Digital Sky Survey // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—2006.—**636**, N 2.—P. 804—820.
3. Alves D. R. K-band calibration of the red clump luminosity // *Astrophys. J.*—2000.—**539**, N 2.—P. 732—731.
4. Cabrera-Lavers A., Bilir S., Ak S., et al. Estimation of Galactic model parameters in high latitudes with 2MASS // *Astron. and Astrophys.*—2007.—**464**, N 2.—P. 565—572.
5. Dehnen W., Binny J. Local stellar kinematics from HIPPARCOS data // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1998.—**298**, N 2.—P. 387—394.
6. Feast M. W., Whitelock P. A. HIPPARCOS parallaxes and proper motions of cepheids and their implications // *Proc. of the ESA Symp. 'Hipparcos – Venice 97' / Ed. by B. Battrock. — Noordwijk: ESA Publ., 1997.—P. 625—628.*
7. Girard T. M., Korchagin V. I., Casetti-Dinescu D. I., et al. Velocity shear of the thick disk from SPM3 proper motion at the South galactic pole // *Astron. J.*—2006.—**132**, N 5.—P. 1768—1782.
8. Johnson D. R. H., Soderblom D. R. Calculating galactic Space velocities and their uncertainties with an application to the Ursa Major group // *Astron. J.*—1987.—**93**, N 4.—P. 864—867.
9. Lopez-Corredoira M., Cabrera-Lavers A., Garzon F., et al. Old stellar Galactic discs in near plane regions according to 2MASS: Scales, cut-off, flare and warp // *Astron. and Astrophys.*—2002.—**394**, N 3.—P. 883—900.
10. Majewski S. R. A complete multicolor survey of absolute proper motion to $B \sim 22.5$: galactic structure and kinematics at the North Galactic pole // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1992.—**78**, N 1.—P. 87—152.
11. Soubiran C. Kinematics of the Galaxy's stellar populations from a proper motion Surveys // *Astron. and Astrophys.*—1993.—**274**, N 1.—P. 181—188.
12. Soubiran C., Bienayme O., Siebert A. Vertical distribution of Galactic disk stars. I. Kinematics and metallicity // *Astron. and Astrophys.*—2003.—**398**, N 1.—P. 141—151.

Поступила в редакцию 10.12.08