

УДК 524.3–14

Околосолнечное звездно-субзвездное окружение.

I. Местоположение в Галактике и каталоги

В.А. Захожай¹, М.А. Бабенко²
¹Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина

²Херсонский государственный университет

Анализируется структура околосолнечных окрестностей (десятипарсековое пространство, Местная звездная система и пояс Гулда), их место в Галактике и удаленность от ее центра. Для области ближе 10 пк от Солнца, кроме звездной составляющей, приводятся данные о содержании экзопланет и протопланетных дисках. Рассматриваются каталоги близких к Солнцу звезд и субзвезд, составленные по результатам наземных и космических (миссия Гиппаркос) исследований в оптическом и инфракрасном диапазонах волн.

НАВКОЛОСОНЯЧНЕ ЗОРЯНО-СУБЗОРЯНЕ ОТОЧЕННЯ. I. РОЗТАШУВАННЯ В ГАЛАКТИЦІ І КАТАЛОГИ, Захожай В.А., Бабенко М.О. — Аналізується структура навколосонячного околу (десятипарсековий простір, Місцева зоряна система і пояс Гулда), їх місце в Галактиці і віддаленість від її центру. Для області ближче 10 пк від Сонця, крім зоряної складової, наводяться дані про вміст екзопланет і протопланетних дисків. Розглядаються каталоги близьких до Сонця зір і субзір, складені за результатами наземних і космічних (місія Гіппаркос) досліджень в оптичному і інфрачервоному діапазонах хвиль.

SOLAR STELLAR AND SUBSTELLAR ENVIRONMENT. I. LOCATION IN THE GALAXY AND CATALOGUES, by Zakhzhay V.A., Babenko M.O. — Structure of the solar neighborhoods (ten parsecs space, Local stellar system and the Gould Belt), their place in the Galaxy and the distance from its center are analyzed. For the region within 10 pc from the Sun, except the stellar component, the contents of extrasolar planets and protoplanetary disks are presented. The catalogues of closest to Sun stars and substars that are compiled based on the results of ground-based and cosmic (HIPPARCOS) missions in the optical and infrared wavelengths range are considered.

Ключевые слова: звезды; субзвезды; окрестность Солнечной системы.

Key words: stars; substars; solar neighborhoods.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования окрестностей Солнца являются важной составной частью изучения структуры Галактики. В этой области доступны для исследования такие звезды низкой светимости, как красные и белые карлики, субкарлики, наблюдение которых на больших расстояниях от Солнца крайне ограничено. В последнее время здесь начали открывать субзвезды и экзопланеты. С удалением от Солнца уменьшается значение q — отношение наблюдаемого к ожидаемому числу звезд [12, 15]. Поэтому в ближайшем солнечном окружении, где q с одной стороны максимально, а с другой — где доступно для исследования достаточное число объектов, доверие к вычисленным статистическим характеристикам может считаться большим, чем полученные аналогичные данные по выборке звезд (и других объектов), содержащихся в большем пространственном объеме.

Такие данные очень важны для звездной статистики. Если известны зависимости каких-либо параметров от галактоцентрического расстояния, то по данным, полученным в окрестностях Солнца, можно получить количественную оценку этой величины для Галактики в целом. Примером такого параметра может служить пространственная плотность звезд в околосолнечном окружении. По этой характеристике можно получить число звезд, содержащееся в столбике, перпендикулярном к галактической плоскости и общее их число в Галактике.

Вычисленные функции распределения параметров звезд (или субзвезд), принадлежащих окрестностям Солнца, являются также достаточно надежными. Они могут быть вычислены или непосредственно, с использованием определенных каталогов, или служить исходной плотностью вероятности, по которой с применением известных статистических связей можно вычислить интересующую дифференциальную функцию распределения. В этом случае существует необходимость в наличии надежных статистических связей между различными характеристиками космических объектов.

Основой для постановки вышеперечисленных задач, которые решает звездная статистика, являются каталоги, содержащие параллаксы звезд. После открытия субзвезд, модернизации спектральной классификации стало ясно, что наряду со звездами в таких каталогах присутствуют и субзвезды. Таким

образом, вычисленные ранее статистические свойства звезд требуют пересмотра и определенного анализа для выявления влияния на них наличия в ранее используемых выборках субзвездной компоненты. Это важно для того, чтобы разделить статистические характеристики звезд и субзвезд.

Современному состоянию перечисленных проблем (что и составляет ставящуюся цель) посвящена настоящая работа, состоящая из двух частей. В первой из них рассматривается место окрестностей Солнца в Галактике и Местной звездной системе, во второй — анализируются основные каталоги близких и ближайших звезд околосолнечного окружения.

1. СТРУКТУРА ОКОЛОСОЛНЕЧНЫХ ОКРЕСТНОСТЕЙ И ИХ МЕСТО В ГАЛАКТИКЕ

Расстояние Солнца до центра Галактики R_0 . Из анализа кинематических параметров движения подсистем нейтрального и ионизированного водорода, молекулярных облаков Галактики, выполненных Никифоровым [25–27] и Никифоровым и Петровской [28], следует, что значение $R_0 = 8.2 \pm 0.7$ кпк. Рейд, синтезируя расчетные данные разных авторов, получил расстояние $R_0 = 8.0 \pm 0.5$ кпк [87], что в пределах разброса значений согласуется с проведенными на VLT-телескопе определениями динамического параллакса ($R_0 = 7.94 \pm 0.42$ кпк) по наблюдениям звезды S2, вращающейся вокруг центра Галактики (Эйзенхауэр и др. [38]). Несколько меньшее значение, $R_0 = 7.8 \pm 0.6$ кпк, было получено Маджейсом, Тернером и Лейном из исследований цефеид, находящихся в балдже Галактики [65].

Таким образом, из результатов исследования, проведенных в последнее двадцатилетие, видно, что за расстояние Солнца от центра Галактики можно принять расстояние $R_0 \approx 8$ кпк.

Галактическое местоположение Солнца, ранее связываемое с рукавом Ориона (который сейчас называют еще ответвлением Ориона) в последнее время отождествляют с Местной звездной системой (МЗС), составной частью которой является пояс Гулда [5, 6, 9] — см. рис. 1. Эта область находится между рукавами Персея и Стрельца, расстояние между которыми в районе Солнца составляет около 4 кпк, согласно 2-х или 4-х рукавными структурами Галактики [22, 29, 33, 35, 40, 61].

Местная звездная система является гравитационно-связанной системой, возраст которой равен $\approx (5 \div 7) \cdot 10^8$ лет [6, 32, 72, 96, 103]. Она по кинематическим признакам [70] ассоциируется со звездным сверхскоплением Сириуса [5, 36, 37], имеющим прямое галактическое вращение. Оценкой радиуса этой системы может служить расстояние ~ 1 кпк, в пределах которого прослеживается совместное вращение О-, В- звезд, вокруг центра масс МЗС [7].

Согласно каталогу рассеянных звездных скоплений WEBDA¹ [74], в этой области известно 343 рассеянных скопления [53, 79]. Однако точное число звездных скоплений в МЗС не известно. Обнаруживаются звездные скопления малой поверхностной плотности, которые не всегда учитываются в соответствующих каталогах [31].

¹Электронная версия каталога BDA (database for galactic open clusters).

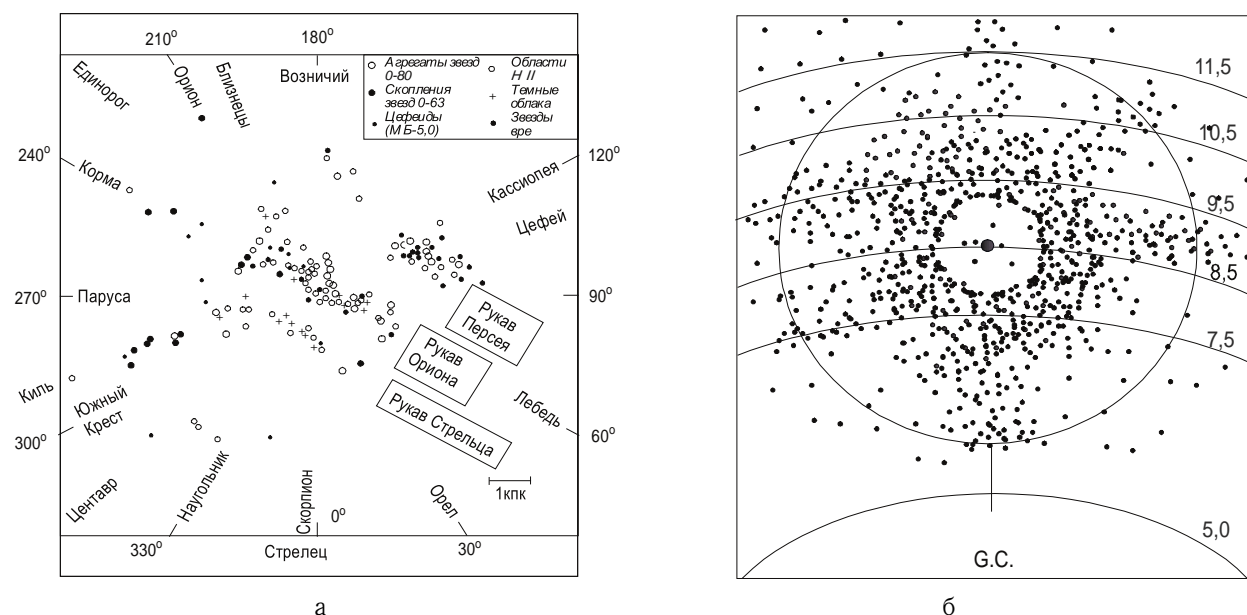


Рис. 1. Крупномасштабная структура окрестностей Солнца: а — спиральная структура Галактики по оптическим данным (согласно [8, 22]); б — проекция на галактическую плоскость около 3300 (из 4451) молодых звезд с гелиоцентрическим расстоянием более 0.5 кпк, согласно [69]; G.C. — направление на галактический центр, цифрами указаны галактоцентрические расстояния в килопарсеках.

Пояс Гудда и МЗС, как структурные звездные системы, ранее отождествлялись (см., например [3, 9]). После анализа данных HIPPARCOS (High Precision Parallax Collecting Satellite), и лучевых скоростей О-, В- звезд, эти системы стали разделять [6]. Солнце находится в пределах пояса Гудда на расстоянии 104 ± 4 пк от его центра в направлении на галактическую долготу $l = 180^\circ \pm 2^\circ$ [75] — рис. 2. Границы этого пояса ограничены областью радиусом ≈ 500 пк [7]. Эта система наклонена к галактическому экватору в направлении линии узлов $l \approx 100^\circ \div 280^\circ$ [5, 9] под углом $\approx 20^\circ$. Солнце возвышается над средней плоскостью пояса Гудда на $9 \div 17$ пк и находится на расстоянии 30–50 пк от линии узлов. Масса Пояса оценивается $\approx 2 \cdot 10^6 m_\odot$. Дифференциальное вращение Галактики вытянуло МЗС в направлении долгот $l \approx 45^\circ \div 225^\circ$. Согласно Олано [71], Солнце захвачено гравитационным полем МЗС ≈ 100 млн. лет назад. Его современная скорость относительно центра МЗС — 4 км/с.

Пояс Гудда включает более 500 О-, В-, А- звезд, более сотни звезд типа Т Тельца [5, 47, 66, 67, 104] и 49 ОБ- ассоциаций и рассеянных скоплений звезд [5, 6]. Вычислены параметры дифференциального вращения пояса Гудда [7]. Он расширяется и имеет прямое вращение по отношению к осевому вращению Галактики. Средняя и максимальная (достигающая от центра на расстоянии ≈ 300 пк) линейные скорости вращения звезд 3 ± 1 км/с и 6 км/с, соответственно. Максимальная скорость расширения пояса Гудда (4.4 км/с) наблюдается на расстоянии 200 пк от его центра. Время, прошедшее с начала расширения, равное 44 млн. лет, оценено из кривой расширения Пояса и удовлетворительно согласуется с его возрастом — 60 млн. лет [6, 62]. За это время пояс Гудда не менее одного раза испытал влияние ударной волны, вызванной волной плотности. Анализ движений ОБ- ассоциаций, находящихся на гелиоцентрических расстояниях до 3 кпк, позволил выявить сложную периодическую структуру их остаточных скоростей, объясняемую влиянием волн плотности [6, 10, 23, 24, 69] — см. рис. 1.

Диаметр области межзвездного газа, который ранее связывали с поясом Гудда, (≈ 1 кпк), соответствует границе МЗС. Газовая составляющая МЗС, превышающая по массе звездную составляющую примерно на порядок [6], имеет сложную структуру. Вокруг ОБ-ассоциации Скорпиона-Центавра (Sco-Cen), важной составляющей МЗС, находится гигантская газовая оболочка (Местная каверна) с радиусом ~ 150 пк, заполненная горячим очень разреженным газом, температура и концентрация которого равны $\sim 10^6$ К, $n_p \sim 10^{-3} \div 10^{-4}$ см $^{-3}$, соответственно [9, 92]. Края оболочки состоят из газопылевых волокон. Эта оболочка образована действием звездного ветра и вспышек сверхновых звезд в ассоциации Sco-Cen. Вокруг ассоциации имеется огромный остаток сверхновой — Северный полярный шпур (или Петля I) — остаток сверхновой, взорвавшейся $(1 \div 2) \cdot 10^5$ лет назад Солнце находится вблизи края Местной каверны.

С поясом Гудда ассоциируются водородные облака H I [70, 80] и комплексы молекулярных облаков H $_2$ [9]. Солнце в настоящее время движется через область H I (ее концентрация $n_p \approx 0.1 \div 0.3$ см $^{-3}$, температура $7000 \div 8000$ К, диаметр $\varnothing \approx 7 \div 15$ пк [56, 86, 95]), называемой Местным межзвездным облаком (ММО). Ожидается, что ММО образовалось в результате пересечения Местного пузыря и Пузыря I, которые являются еще более разреженными участками газовой составляющей галактического диска [57]. В частности, ожидается, что Местный пузырь ($\varnothing = 100 \div 300$ пк, $n_p \approx 0.01$ см $^{-3}$ [101]) образовался в результате взрыва 2–3-х сверхновых звезд [95].

Крупные плотные молекулярные облака H $_2$ обнаружены также в области 100–500 пк от Солнца [34, 76, 77]. 18 самых крупных молекулярных облаков, расположенных ближе 500 пк от Солнца имеют массы

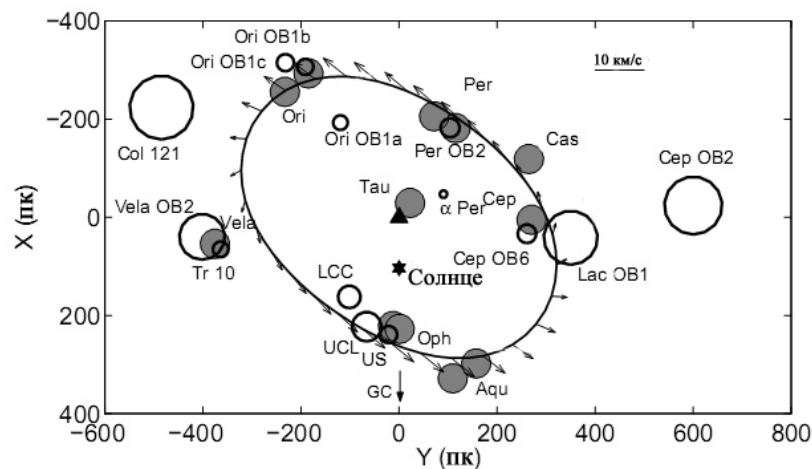


Рис. 2. Пояс Гудда и ее составляющие, согласно [74]: ★ — положение Солнца, ▲ — центр газового А-кольца и векторы скорости его составляющих (показаны стрелочками в масштабе, который приведен в правом верхнем углу), GC — направление на галактический центр.

в интервале $(3 - 190) \cdot 10^3 m_{\odot}$. Средняя поверхностная плотность молекулярного водорода в области 1 кпк от Солнца составляет $1.3 m_{\odot}/\text{пк}^2$, средняя концентрация в галактической плоскости — 0.10 см^{-3} .

Десятипарсековая околосолнечная область включает объекты галактических населений II и I типа, которые настолько перемешаны, что имеют равномерные распределения, как на небесной сфере, так и в пространстве [12, 14].

Ранее вычисленная средняя пространственная плотность для звезд с учетом селекции наблюдений $0.125 \pm 0.002 \text{ зв/пк}^3$ [12], по-видимому, включает и субзвездную составляющую. Это дает для ожидаемого их совместного числа ≈ 500 звезд и субзвезд. Кратные звездные системы (не превышающие 5 компонентов) также распределены равномерно [14], а их распределения по числу компонентов в системе подчиняется закону $f(n) = 0.582/n!$ [107].

Наблюдаемые долевого содержания субкарликов в этой области не превышает 4% [15]. Остальные объекты относятся к населению I типа, в состав которых входят также самые молодые звезды, субзвезды и планеты, образовавшиеся в последние $\sim 10^8$ лет [21]). Наблюдаемые белые карлики (их долевого содержание составляет 5% [15]) относятся к населению I типа. Самые старые белые карлики (как населения II, так и I типа), образовавшиеся более 7–8 млрд. лет назад — не наблюдаемы, поскольку за это время должны остыть [4], превратившись в черные карлики.

В последнее десятилетие в анализируемой области открыто 28 экзопланет и 6 протопланетных дисков [18, 91]. Эти экзопланеты входят в состав 17 планетных систем, центральными светилами которых являются: 11 одиночных звезд; звезда GJ 667C, входящая в состав тройной системы (у которой AB-компоненты существенно от нее удалены); поздний M-карлик (субзвезда SCR 1845). Двенадцать систем имеют по одной планете, одна — по 2 планеты, две — по 3 планеты и две — 4 планет. Четыре планеты (HD 62509 b, Gl 876 b, ϵ Eri b, Gl 849 b) имеют массы равные массе Юпитера и выше, две планеты (Gl 876 c, Gl 832 b) — удвоенную массу Сатурна, одна планета (Gl 649 b) — массу Сатурна, четыре планеты (Gl 667C c, HD 20794 b, HD 20794 c, Gl 581 e) — утроенную массу Земли, а остальные 17 планет имеют массы сравнимые с массами Урана и Нептуна.

Шесть протопланетных дисков окружают звезды ϵ Eri, τ Cet, α PsA (Фомальгаут), γ Lep, AU Mic, α Lyr (Вега), у двух из которых (ϵ Eri, α PsA) имеются еще и планеты [18]. Кратные звездные системы с большими расстояниями между компонентами являются: γ Lep — четверная и AU Mic — тройная. За исключением систем, содержащих протопланетные диски и центральную субзвезду, все открытые планеты находятся ближе 3.4 а.о. от центральной звезды. Большинство звезд с открытыми планетными системами являются M-карликами. Звезды с протопланетными дисками имеют спектральные классы A, F, G, K, M.

С учетом планетных систем с протопланетными дисками и Солнечной системы, наблюдаемое их долевого содержание в сфере с радиусом 10 пк — 5%. По результатам мониторинга 1330 звезд спектральных классов F, G, K, M, проведенного за последние 15 лет, планетные системы были открыты у 7% звезд [39]. Как известно, основные результаты открытых планетных систем получены с помощью методов лучевых скоростей и транзитов [91]. Т.е. это методы, которые позволяют открывать планеты с малыми периодами обращения вокруг центрального объекта и орбиты которых наблюдаются с ребра. Таким образом, реальное число планетных систем можно ожидать большим. Теоретические расчеты, выполненные для долевого содержания планетных систем у звезд, входящих в одиночные и кратные системы, дают оценки для звезд Галактики и окрестностей Солнца в пределах 0.20–0.25 [1] и более — 0.3–0.4 [30].

2. КАТАЛОГИ БЛИЗКИХ К СОЛНЦУ ЗВЕЗД И СУБЗВЕЗД

Результаты наземных определений параллаксов звезд. Каталог Шлезинжера 1924 года [89] является первой работой, в которой были систематизированы все измеренные к тому времени параллаксы звезд. Позже (1935 г.) он совместно с Дженкинс опубликовал свой новый каталог тригонометрических параллаксов [90], а в 1963 годах Дженкинс опубликовала более полный каталог тригонометрических параллаксов и дополнение к нему [48, 49]. Все эти каталоги были составлены на базе наблюдений, проведенных в основном в Ельской обсерватории. Последняя версия этих изданий, известная, как общий каталог тригонометрических параллаксов — GCTP (General Catalogue of Trigonometric Parallaxes), была представлена Ван Альтеном, Ли и Хофлейтом в международной базе астрономических каталогов VizieR [101]. Каталог GCTP содержит параллаксы 8994 объектов. Перечисленная серия каталогов и отдельные данные, опубликованные в работах Военно-морской обсерватории США (см., например, [81–85]) до 1997 года были основными источниками тригонометрических параллаксов для создания близких к Солнцу звезд. К этому времени такие каталоги опубликовали 5 авторов.

Каталоги близких звезд, полученные по наземным наблюдениям. Первым из них является каталог 255 звезд Койпера (принятое сокращение названия звезд каталога — Kui) [55], содержащий объекты до 10.5 пк. Звездам ближе 5 пк посвящен каталог ван де Кампа [50], вышедший в 1953 году. В 1969 и 1971 гг. вышли дополненные и модернизированные каталоги Ван де Кампа, включающие 60 звезд

ближе 5.2 пк [51, 52]. Первое издание каталога Глизе (принятое сокращение названия звезд каталога — Gl) 1095 звезд расположенных ближе 20 пк вышло в 1957 году [42]. Более полным является его второе издание — каталог 2250 звезд, находящихся ближе 22.2 пк [41]. Примерно в это же время (в 1970 г.) вышел каталог 2179 звезд ближе 25 пк Вулли с соавторами (принятое сокращение названия звезд каталога — Wooley) [105, 106]. Совместно с Ярейсом в 1979 году было опубликовано дополнение ко второму изданию каталога Глизе (принятое сокращение названия звезд каталога — GJ) [45]. В этом же году был опубликован каталог ближайших к Солнцу звезд Захожая (до 10 пк, принятое сокращение названия звезд каталога — Zkh) [11], а через три года — дополнение к нему [13], включающие 356 звезд. Очередное дополнение к каталогу Глизе (с общим содержанием 2257 звезд) и более расширенный компьютерный вариант третьего каталога Глизе и Ярейс (3803 звезд) для звезд ближе 25 пк вышли в период 1981–1993 гг [43, 44, 46]. Электронная версия каталога ближайших звезд Захожая появилась в 1996 году [108].

Перечисленные каталоги включают астрометрические (экваториальные координаты, собственные движения и параллаксы), лучевые скорости и, как правило, U-, V-, W- фотометрические данные о звездах, в приложениях содержались данные о кинематических системах, в которые они входили, и другие характеристики. В каталоге Вулли с соавторами [105, 106] также содержались элементы галактоцентрических бокс орбит звезд. Каталоги Захожая [11, 13, 108] содержали данные об измеренных и вероятных массах и радиусах звезд. Астрофизические характеристики ближайших к Солнцу звезд со временем уточнялись и дополнялись в серии работ Захожая и его соавторов, опубликованных в период 1994–2002 гг. Это каталоги масс [16], ИК-источников [19], металличностей [20], радиусов и спектров [17] ближайших звезд.

Каталоги звезд Глизе и Ярейс, Вулли и др., Захожая включали объекты со звездной величиной до 17^m . Когда составлялись эти каталоги, еще не были открыты субзвезды и не было известно, что поздние M-карлики (M5.5V–M9.5V) следует относить к этому классу объектов. Это стало известно только в конце 90-х гг. [54, 68]. Поэтому, фактически, эти каталоги включали их. Только Захожаем была предпринята попытка исключить субзвезды из каталога ближайших звезд [11, 13, 108]. Это можно объяснить тем, что он является одним из тех, кто предсказал существование субзвезд и выделил их в отдельный класс космических тел [2].

Результаты космической миссии HIPPARCOS (параллаксы и собственные движения 118332 звезд), опубликованные в 1997 г. [98, 99] существенно не повлияли на общее обнаруженное число в окрестностях Солнца, а отразилось лишь на точности их значений. Это связано с тем, что астрометрический телескоп HIPPARCOS определял параллаксы до 9^m и частично до 11^m , в то время как основная доля неизвестных близких звезд, как показал анализ функции светимости ближайших звезд [12, 15], имеют абсолютные величины более 11^m .

Каталоги, полученные по результатам наземных и космических исследований в оптическом и ИК-диапазонах волн. В последнее десятилетие вышло еще 6 каталогов, включающих звезды и субзвезды, находящиеся в окрестностях Солнца. Каталог Оппенгеймера, Голимовски и Дюранце (2001 г. [73]) содержит астрометрические и кинематические параметры 167 спутников звезд, расположенных ближе 8 пк, значения которых опираются на предыдущие данные о параллаксах звезд, вычисленных по наземным и космическим наблюдениям, и результаты ИК-измерений, полученные на Паломарской обсерватории Тиннеем и др. [100]. Спустя два года (2003 г.) Фан-Бао и др., используя данные каталога DENIS (Deep Near Infrared Survey of the Southern Sky) [97], составили свой каталог поздних M-карликов [78]. Он содержит астрометрические и фотометрические данные о 50 красных карликах, находящихся в радиусе 30 пк от Солнца.

Через 2 года (2005 г.) вышло сразу два каталога: Липайна [58, 59] и Люка и Хайтера [63, 64]. Первый из них [58, 59] является каталогом красных карликов, субгигантов и гигантов, расположенных в радиусе 33 пк от Солнца (всего 4131 звезд). Эта работа базируется на каталоге собственных движений звезд северного полушария Липайна и Шара [60]. В конечном каталоге расстояния до звезд определены: 1676 — методом тригонометрических параллаксов; 783 — фотометрическим и спектроскопическим методами; 1672 — приближенно. Каталог Люка и Хайтера [63, 64] содержит данные о металличностях (28 химических элементах) 114 звезд, расположенных ближе 15 пк, со склонением меньше -30° и абсолютной величиной больше 7.5^m .

Карликам, которые расположены ближе 20 пк от Солнца, посвящены работы Рейда и др. [87] и Сиона и др. [93]. Расстояния, спектральные классы, звездные величины в J-, H-, K-полосах 27 L-карликов содержатся в каталоге Рейда и др. [87], опубликованного в 2008 г. Приведенные данные базируются на ИК-наблюдениях, проведенных с помощью Космического телескопа Хаббла. Каталог Сиона и др. (2009 г. [93]) содержит астрометрические данные, фотометрию, эффективные температуры, возраста и ускорения силы тяжести 129 белых карликов.

ВЫВОДЫ

1. Результаты, полученные в последние два десятилетия, подтвердили, что расстояние Солнца до центра Галактики 8 кпк. Однако объективно определить R_0 с большей точностью пока не представляется возможным.

2. Наблюдательные данные о местоположении Солнца, между рукавами Стрельца и Персея, в равной мере соответствуют моделям Галактики как с двумя, так и с четырьмя спиралями. Есть аргументы считать, что рукав (или ответвление) Ориона следует трактовать как составную область Местной звездной системы, а пояс Гулда ее центральной частью. Солнце «генетически» не связано с образованием МЗС, но дальнейшая его динамическая эволюция тесно связана с этой звездной системой.

3. Десятипарсекое околосолнечное окружение содержит богатое разнообразие космических объектов, наблюдение которых на больших расстояниях от Солнца крайне ограничено. В этой области находятся как представители галактического населения II, так и объекты населения I, в состав которых входят самые молодые звезды, субзвезды и планеты, образовавшиеся в последние $\sim 10^8$ лет.

4. Каталоги параллакс звезд, составленные по наземным наблюдениям, остаются быть основными, для исследований звезд и субзвезд, абсолютная величина которых меньше 11^m .

5. Отношение наблюдаемого к ожидаемому числу звезд, находящихся в десятипарсекоем окружении Солнца, самое большое — $\approx 70\%$. Для этой области имеется самая большая (по долевого содержанию) база данных астрофизических характеристик, таких как массы, радиусы, спектры и металличности. Это может служить аргументом в пользу того, что эта область является весьма перспективной для решения широкого круга статистических задач.

1. Александров Ю.В., Захожай В.А. К вопросу о возможном числе планетных систем в Галактике // Астрон. вестн. — 1983. — **17**, № 2. — С. 82–86.
2. Александров Ю.В., Захожай В.А. Что такое планеты // Астрон. вестн. — 1980. — **14**, № 3. — С. 129–132.
3. Аллен К.У. Астрофизические величины. — М.: Мир, 1977. — 448 с.
4. Бисноватый-Коган Г.С. Физические вопросы теории звездной эволюции. — М.: Наука, 1989. — 488 с.
5. Бобылев В.В. Кинематика пояса Гулда на основе рассеянных скоплений звезд // Письма в Астрон. журн. — 2006. — **32**, № 12. — С. 906–917.
6. Бобылев В.В. Кинематические особенности звезд пояса Гульда // Письма в Астрон. журн. — 2004. — **30**, № 11. — С. 861–873.
7. Бобылев В.В. Определение кривой вращения звезд пояса Гульда на основе формул Ботлингера // Письма в Астрон. журн. — 2004. — **30**, № 3. — С. 185–195.
8. Бок Б., Бок П. Млечный Путь. — М.: Мир, 1978. — 298 с.
9. Бочкарев Н.Г. Местная межзвездная среда. — М.: Наука, 1990. — 192 с.
10. Заболотских М.В., Расторгуев А.С., Дамбис А.К. Кинематические параметры молодых субсистем и кривая вращения Галактики // Письма в Астрон. журн. — 2002. — **28**, № 7. — С. 516–526.
11. Захожай В.А. Ближайшие звезды // Вестн. Харьк. ун-та. — 1979. — № 190, вып. 14: Физика Луны и планет. Фундаментальная астрометрия. — Харьков. — С. 52–77.
12. Захожай В.А. Функция светимости и пространственная плотность ближайших звезд // Астрометрия и астрофиз. — 1980. — № 42. — С. 64–69.
13. Захожай В.А. Дополнения и исправления каталога ближайших звезд до 10 пс // Вестн. Харьк. ун-та. — 1982. — № 232, вып. 17: Астрометрия и физика Солнечной системы. — Харьков. — С. 64–70.
14. Захожай В.А. Звездные подсчеты до 10 парсек // Астрометрия и астрофиз. — 1983, № 50. — С. 47–52.
15. Захожай В.А. Статистические свойства звезд и кратных систем в области 10 пк // Астрономо-геодезические исследования: Близкие двойные и кратные звезды. — Свердловск: УрГУ, 1990. — С. 44–54.
16. Захожай В.А. Массы ближайших звезд // Кинем. и физ. неб. тел. — 1994. — **10**, № 2. — С. 68–73.
17. Захожай В.А. Радиусы и спектры ближайших звезд // Кинем. и физ. неб. тел. — 2002. — **18**, № 6. — С. 535–552.
18. Захожай В.А., Захожай О.В. Диски вокруг ближайших звезд и субзвезд // Кинем. и физ. неб. тел. — 2010. — **26**, № 1. — С. 3–30.
19. Захожай В.А., Шапаренко Э.Ф., Васильев В.П. и др. ИК-источники в окрестностях Солнца // Кинем. и физ. неб. тел. — 1994. — **10**, № 2. — С. 74–85.
20. Захожай В.А., Шапаренко Э.Ф. Металличности близких звезд // Кинем. и физ. неб. тел. — 1996. — **12**, № 2. — С. 20–29.
21. Захожай В.А., Шапаренко Э.Ф. Функция распределения металличности близких звезд // Кинем. и физ. неб. тел. — 1997. — **13**, № 6. — С. 63–66.
22. Марочник Л.С., Сучков А.А. Галактика. — М.: Наука, 1984. — 392 с.
23. Мельник А.М. Особенности поля скоростей ОВ ассоциаций и спиральная структура Галактики // Письма в Астрон. журн. — 2003. — **29**, № 4 — С. 349–355.

24. Мельник А.М., Дамбис А.К., Расторгуев А.С. Периодическая структура поля остаточных скоростей ОБ-ассоциаций // Письма в Астрон. журн. — 2001. — **27**, № 8. — С. 611–624.
25. Никифоров И.И. Моделирование закона вращения плоской подсистемы и определение расстояния до центра Галактики: реалистичность модели и оптимизация ее сложности // Астрофизика. — 1999. — № 42, вып. 3. — С. 399–406.
26. Никифоров И.И. Моделирование закона вращения плоской подсистемы и определение расстояния до центра Галактики: анализ данных о газовых комплексах // Астрон. журн. — 1999. — **76**, № 6. — С. 403–418.
27. Никифоров И.И. Пространственно-кинематическое и динамическое моделирование Галактики: Автореферат. дис. ... канд. физ.-мат. наук. — С.-Пб., 2003. — 22 с.
28. Никифоров И.И., Петровская И.В. Расстояние от Солнца до центра Галактики и кривая вращения по данным о кинематике нейтрального и ионизированного водорода // Астрон. журн. — 1994. — **71**, № 5. — С. 725–736.
29. Павловская Е.Л., Сучков А.А. Исследование точности оценок параметров спиральной структуры Галактики методом численных экспериментов // Астрон. журн. — 1980. — **57**, № 2. — С. 280–286.
30. Тутуков А.В. Образование планетных систем в ходе эволюции тесных двойных звезд // Астрон. журн. — 1991. — **68**, вып. 4. — С. 837–842.
31. Ходячих М.Ф., Романовский Е.А. Обнаружение движущихся скоплений методом кинематических пар // Кинем. и физика небесных тел. — 2000. — **16**, № 1. — С. 20–31.
32. Bonneau M. Etude de quelques de propriétés cinématiques des étoiles OB // J. Obs. — 1964. — **47**. — P. 251–322.
33. Churchwell E., Babler B.L., Meade M.R., et al. The Spitzer/GLIMPSE Surveys: A New View of the Milky Way // Publ. Astron. Soc. Pac. — 2009. — **121**, Is. 877. — P. 213–230.
34. Dame T.M., Ungerechts H., Cohen R.S., et al. A composite CO survey of the entire Milky Way // Astrophys. J. — 1987. — **322**, № 2. — P. 706–720.
35. Efremov Yu.N. On the spiral structure of the Milky Way Galaxy // Astron. Rep. — 2011. — **55**, Is. 2. — P. 108–122.
36. Eggen O.J. A the astrometric and kinematic parameters of the Sirius and Hyades superclusters // Astron. J. — 1984. — **89**, № 9. — P. 1350–1357.
37. Eggen O.J. The Sirius supercluster in the FK5 // Astron. J. — 1992. — **104**, № 4. — P. 1493–1504.
38. Eisenhauer F., Schodel R., Genzel R., et al. A Geometric Determination of the Distance to the Galactic Center // Astrophys. J. — 2003. — **597**. — P. 121–124.
39. Fischer D.A., Valenti J. The Planet-Metallicity Correlation // Astrophys. J. — 2005. — **622**. — P. 1102–1117.
40. Francis C., Anderson E. Galactic Spiral Structure // Proc. Roy. Soc. A. — 2009. — **465**. — P. 3425–3446.
41. Gliese W. Catalogue of nearby stars // Karlsruhe: Braun. — 1969. — 118 p.
42. Gliese W. Katalog der Sterne naher als 20 parsek zur 1950.0 // Inst. Heidelb. Mitt. A. — 1957. — Nr. 8. — S. 1–90.
43. Gliese W. Smethell's stars nearer than 25 parsecs // Astron. Astrophys. Suppl. — 1981. — **44**. — P. 131–135.
44. Gliese W., Jahreiss H. Catalogue of nearby stars // 3-rd Edition. Data Centre CD-ROM. Selected Astronomical Catalogs. — 1993. — vol 1.
45. Gliese W., Jahreiss H. Nearby star data published 1969–1978 // Astron. Astrophys. Suppl. — 1979. — **38**. — P. 423–448.
46. Gliese W., Jahreiss H. The Third Catalogue of Nearby Stars. — 1991. — URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=V/70A>.
47. Guillout P., Sterzik M.F., Schmitt J.H.M., et al. Discovery of a late-type stellar population associated with the Gould Belt // Astron. Astrophys. — 1998. — **337**, № 1. — P. 113–124.
48. Jenkins L.F. General catalogue of trigonometric stellar parallaxes // New Haven: Conn. Yale Univ. Observ. — 1952. — 260 p.
49. Jenkins L.F. Supplement to the general catalogue of trigonometric stellar parallaxes // New Haven: Yale Univ. — 1963. — 60 p.
50. Kamp P. Stars nearer than five parsecs // Publ. Astron. Soc. Pacif. — 1953. — **65**, № 383. — P. 73–77.
51. Kamp P. Stars nearer than five parsecs // Publ. Astron. Soc. Pacif. — 1969. — **81**, № 478. — P. 5–10.
52. Kamp P. The nearby stars // Ann. Rev. Astron. Astrophys. — 1971. — **9**. — P. 103–126.
53. Kharchenko N.V., Piskunov A.E., Roser S., et al. Astrophysical parameters of Galactic open clusters // Astron. Astrophys. — 2005. — **438**, Is. 3. — P. 1163–1173.
54. Kirkpatrick J.D., et al. Dwarfs Cooler than «M»: The Definition of Spectral Type «L» Using Discoveries from the 2 Micron All-Sky Survey (2MASS) // Astrophys. J. — 1999. — **519**. — P. 802–833.
55. Kuiper G.P. The nearest stars // Astrophys. J. — 1942. — **95**. — P. 201–212.
56. Lallement R. Observations of the Local Interstellar Cloud // Proc. IAU Coll. — 1998. — № 166. — P. 19–28.
57. Lallement R., Welsh B.Y., Vergely J.L., et al. 3D mapping of the dense interstellar gas around the Local Bubble // Astron. Astrophys. — 2003. — **411**. — P. 447–464.
58. Lepine L. LSPM-North proper-motion catalog nearby stars. — 2005. — URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=J/AJ/130/1680>.
59. Lepine L. Nearby Stars From the Lspm-North Proper-Motion Catalog. I. Main-Sequence, Dwarfs And Giants Within 33 Parsecs of the Sun // Astron. J. — 2005. — **130**. — P. 1680–1692.

60. *Lepine S., Shara M.M.* LSPM-North Catalog. — 2005. —
URL: http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=I/298/lspm_n.
61. *Levine E.S., Blitz L., Heiles C.* The Spiral Structure of the Outer Milky Way in Hydrogen // *Science*. — 2006. — **312**, Is. 5781. — P. 1773–1777.
62. *Lindblad P.O.* On the rotation of Gould's Belt // *Astron. Astrophys.* — 2000. — **363**, № 1. — P. 154–158.
63. *Luck R.E., Heiter U.* Abundances for the 15pc sample. — 2005. —
URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=J/AJ/129/1063/table5>.
64. *Luck R.E., Heiter U.* Stars Within 15 Parsecs: Abundances for A Northern Sample // *Astron. J.* — 2005. — **129**. — P. 1063–1083.
65. *Majaess D.J., Turner D.G., Lane D.J.* Characteristics of the Galaxy according to Cepheids // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* — 2009. — **398**, Is. 1. — P. 263–270.
66. *Makarov V.V.* The 100 brightest X-ray stars within 50 parsecs of the Sun // *Astron. J.* — 2003. — **126**, № 4 — P. 1996–2003.
67. *Mamajek E.E., Meyer M., Liebert J.* Post-T Tauri Stars in the Nearest OB Association // *Astron. J.* — 2002. — **124**, Is. 3. — P. 1670–1694.
68. *Martin E.L., et al.* Keck HIRES spectra of the brown dwarf DENIS-P J1228.2-1547 // *Astron. Astrophys. Let.* — 1997. — **327**. — P. L29–L32.
69. *Miyamoto M., Sôma M., Yoshizawa M.* Is the vorticity vector of the Galaxy perpendicular to the galactic plane? II. Kinematics of the galactic warp // *Astron. J.* — 1993. — **105**, № 6. — P. 2138–2147.
70. *Olano C.A.* On a model of local gas related to Gould's belt // *Astron. Astrophys.* — 1982. — **112**, № 1. — P. 195–208.
71. *Olano C.A.* The Origin of the Local System of Gas and Stars // *Astron. J.* — 2001. — **121**. — P. 295–308.
72. *Oort J.H.* Observational evidence confirming Lindblad's hypothesis of a rotation of the galactic system // *Bull. Astron. Inst. Neth.* — 1927. — **3**. — P. 275–282.
73. *Oppenheimer B.R., Golimowski D.A., Durrance S.T.* A Coronagraphic Survey for Companions of Stars Within 8 Parsecs // *Astron. J.* — 2001. — **121**. — P. 2189–2211.
74. *Paunzen E., Stütz C.* WEBDA. — URL: <http://www.univie.ac.at/webda>.
75. *Perrot C.A., Grnner I.A.* 3D dynamical evolution of the interstellar gas in the Gould Belt // *Astron. Astrophys.* — 2003. — **404**. — P. 519–531.
76. *Perry C.L., Johnson L.* A photometric map of interstellar reddening within 300 parsecs // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* — 1982. — **50**. — P. 451–515.
77. *Perry C.L., Johnson L., Crawford D.L.* A photometric map of interstellar reddening within 100 pc // *Astron. J.* — 1982. — **87**. — P. 1751–1774.
78. *Phan-Bao N., Crifo F., Delfosse X., et al.* New neighbors V. 35 DENIS late-M dwarfs between 10 and 30 parsecs // *Astron. Astrophys.* — 2003. — **401**. — P. 959–974.
79. *Piskunov A.E., Kharchenko N.V., Röser S., et al.* Revisiting the population of Galactic open clusters // *Astron. Astrophys.* — 2006. — **445**, Is. 2. — P. 545–565.
80. *Pöppel W.G.L., Marronetti P.* The kinematical characteristics of the CNM at $|b| \geq 10^\circ$ and the hypothesis of a local explosive event // *Astron. Astrophys.* — 2000. — **358**, Is. 1. — P. 299–309.
81. Publications of United States Naval Observatory, 2d series. — Washington, 1983. — **24**, part 7.
82. Publications of United States Naval Observatory, 2d series. — Washington, 1976. — **24**, part 3.
83. Publications of United States Naval Observatory, 2d series. — Washington, 1970. — **20**, part 3.
84. Publications of United States Naval Observatory, 2d series. — Washington, 1975. — **24**, part 1.
85. Publications of United States Naval Observatory, 2d series. — Washington, 1972. — **20**, part 6.
86. *Redfield S., Linsky J.L.* The Three-dimensional Structure of the Warm Local Interstellar Medium. II. The Colorado Model of the Local Interstellar Cloud // *Astrophys. J.* — 2000. — **534**, Is. 2. — P. 825–837.
87. *Reid I.N., Cruz K.L., Burgasser A.J., et al.* L-Dwarf Binaries in the 20-Parsec Sample // *Astron. J.* — 2008. — **135**. — P. 580–587.
88. *Reid M.J.* The distance to the center of the Galaxy // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* — 1993. — **31**. — P. 345–372.
89. *Schlesinger F.* General catalogue of stellar parallaxes // *Yale Univ. Observ.* — 1924. — 57 p.
90. *Schlesinger F., Jenkins L.* General catalogue of stellar parallaxes // *Yale Univ. Observ.* — 1935. — 196 p.
91. *Schneider J.* The Extrasolar Planets Encyclopaedia. — URL: <http://exoplanet.eu>. — Update: 12 January 2012.
92. *Sfeir D.M., Lallement R., Grijo F., et al.* Mapping the contours of the Local Bubble: preliminary results // *Astron. Astrophys.* — 1999. — **346**, № 3. — P. 785–797.
93. *Sion E.M., Holberg J.B., Oswalt T.D., et al.* The White Dwarfs Within 20 Parsecs of the Sun: Kinematics and Statistics // *Astron. J.* — 2009. — **138**. — P. 1681–1689.
94. *Slavin J.D.* The Origins and Physical Properties of the Complex of Local Interstellar Clouds // *Sp. Sci. Rev.* — 2009. — **143**, Is. 1–4. — P. 311–322.
95. *Smith R.K., Cox D.P.* Multiple Supernova Remnant Models of the Local Bubble and the Soft X-Ray Background // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* — 2001. — **134**, № 2. — P. 283–309.

96. *Stothers R., Frogel J.A.* The local complex of O and B stars. I. Distribution of stars and interstellar dust // *Astron. J.* — 1974. — **79**. — P.456–471.
97. The DENIS database, 2nd Release. — 2003. —
URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=II/252/denis>.
98. The HIPPARCOS and TYCHO catalogues. In 16 vol. / Sci. Coord. M.A.C.Perryman. — Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Division, 1997.
99. The Hipparcos Main Catalogue. — 1997. —
URL: http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=I/239/hip_main.
100. *Tinney C.G., Reid I.N., Gizis J., et al.* Trigonometric Parallaxes and the HR Diagram at the Bottom of the Main Sequence // *Astron. J.* — 1995. — **110**. — P.3014–3034.
101. *Van Altena W.F., Lee J.T., Hoffleit E.D.* The general catalogue of trigonometric parallaxes. — 1995. —
URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=I/238A>
102. *Welsh B.Y., Shelton R.L.* The trouble with the Local Bubble // *Astrophys. Sp. Sci.* — 2009. — **323**, Is. 1. — P. 1–16.
103. *Westin T.N.G.* The local system of early type stars. Spatial extent and kinematics // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* — 1985. — **60**, № 1. — P.99–134.
104. *Wichmann R., Schmitt J.H.M.M., Hubrig S.* Nearby young stars // *Astron. Astrophys.* — 2003. — **399**, Is. 2. — P.983–994.
105. *Wooley R., Pocock S.B., Epps E.A., Flinn R.* Catalogue of stars within twenty-five parsecs of the Sun // *Roy. Observ. Bull.* — 1970. — № 5 — 228 p.
106. *Woolley R.* The catalogue of stars within 25 pc. — 1970. —
URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=V/32A>.
107. *Zakhochaj V.A.* The distribution of multiple systems in the neighborhood of the Sun // *Astron. Astrophys. Transact.* — 1995. — **7**. — P.167–170.
108. *Zakhochaj V.A.* Catalogue of stars within ten parsecs of the Sun. — 1996. —
URL: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR?-source=V/101>.

Поступила в редакцию 16.08.2012