УДК 523.9+524.6

ОСОБЕННОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ СОЛНЦА В ГАЛАКТИКЕ

А. С. МАРОЧНИК

Поступила 6 июля 1982

Принята к печати 25 апреля 1983

Как следует из наблюдений, спиральная структура Галактики, скорее всего, обусловлена волнами плотности, вращающимися с угловой скоростью $\Omega_1 \approx 24$ км/с кпс. При этом Солнце оказывается в исключительном положении — оно расположено вблизи коротационного круга (единственного в каждой галактике), на котором угловая скорость дифференциального вращения Галактики равна угловой скорости волны. Показано, что такое специфическое расположение Солнца позволяет связать три фундаментальные временные шкалы космогонии: $T_1 \approx 4.6 \cdot 10^9$ лет, $T_2 \approx (2 \div 4) \cdot 10^8$ лет, $T_3 \approx 10^6$ лет (установленные по радиоактивным различным нуклидам) с процессом прохождения досолнечного облака через спиральные рукава. Возможность непринужденного объяснения временных шкал космогонии на основании единого процесса при условии, что Солнце расположено вблизи коротации, может оказаться аргументом в пользу того, что близость коротации необходима для формирования систем, подобных солнечной. Если специфическое местоположение Солнца в Галактике действительно является не случайным, а необходимым и (или) достаточным условием для формирования систем типа солнечной, то коротационный круг нашей и других галактик — это то место, вблизи которого стоит искать себе подобных.

Около десяти лет назад Ривс [1] выдвинул гипотезу о возможной связи происхождения Солнечной системы с проблемой спиральной структуры Галактики. Привлекательность этой гипотезы состояла в том, что она связывала процессы галактического масштаба с локальной проблемой — рождением Солнца и планет.

Избыток ^{129}Xe , обнаруженный в метеоритах, является результатом радиоактивного распада ^{129}I и ^{244}Pu . R -процессы галактического нуклеосинтеза продуцируют нуклиды иода и плутония в количествах порядка $\alpha = ^{129}\text{I}/^{127}\text{I} \approx 1$, $\beta = ^{244}\text{Pu}/^{238}\text{Pu} \approx 1$ в то время, как по количеству обнаруженного ^{129}Xe к моменту затвердевания метеоритов их отношения должны составлять $\alpha \approx 10^{-4}$, $\beta \approx 0.015$ [2, 3]. Последнее означает, что эти нуклиды должны свободно распадаться в течение приблизительно $\sim (2 \div 4) \cdot 10^8$ лет до начала затвердевания метеоритов и удержания в них ксенона. При этом неясно, каким образом протосолнечная туманность в

течение 10^8 лет до начала формирования Солнечной системы могла находиться в стороне от идущего в Галактике нуклеосинтеза. Для решения этого парадокса Ривс [1] привлек концепцию волн плотности, ответственных за спиральную структуру галактик. Угловая скорость вращения Солнца в Галактике $\Omega_{\odot} = 25$ км/с кпс $^{-1}$, угловая скорость вращения волн плотности согласна Лину и др. [4] $\Omega_p \approx 13.5$ км/с кпс $^{-1}$. Поэтому приблизительно каждые $\sim 10^8$ лет досолнечное облако проходит через волну плотности, где оно обогащается нуклидами иода и плутония от взрывов сверхновых, возникающих в сжатом волной газе. В промежутке между встречами с волнами ^{129}I и ^{244}Pu свободно распадаются в течение $\sim 10^8$ лет. Последнее «загрязнение» этими нуклидами произошло в предпоследнюю встречу, при следующей встрече начался коллапс протосолнечного облака и формирование Солнечной системы. По радиоактивной геохронологии и возрасту каменных метеоритов установлено, что это произошло $\sim 4.6 \cdot 10^9$ лет назад (см., например, обзор [7]), после чего Солнце еще несколько десятков раз проходило через спиральные рукава Галактики.

Помимо упомянутых временных шкал $T_1 \approx 4.6 \cdot 10^9$ лет и $T_2 \approx (2 \div 4) \times 10^8$ лет в космогонии, возможно, существует еще одна шкала $T_3 \approx 10^6$ лет. Избыток ^{26}Mg в метеорите Альенде и его корреляции с содержанием алюминия показывают, что приблизительно за 10^6 лет до начала формирования метеоритов и удержания в них ^{26}Mg произошло событие, поставившее в протосолнечную туманность ^{26}Al , который затем путем радиоактивного распада превратился в ^{26}Mg [5]. Таким событием мог быть взрыв близкой сверхновой. В сценарий Ривса [1] поступление ^{26}Al может быть включено следующим образом [6]: предпоследняя встреча с волной плотности «загрязняет» облако иодом и плутонием от вспышки сверхновой, последняя встреча также сопровождается вспышкой близкой сверхновой, «загрязнившей» протосолнечное облако радиоактивным алюминием (но не поставившей в облако новую порцию иода и плутония) и, возможно, вызывает его коллапс. Вопрос о реальности шкалы T_3 пока не очень ясен. Во-первых, избыток ^{26}Mg обнаружен лишь в отдельных включениях Альенде и не детектируется в других метеоритах, во-вторых, существуют и другие возможные объяснения этого эффекта [6, 8]. По этой причине основное внимание далее уделяется шкалам T_1 и T_2 .

В теории спиральной структуры галактик, основанной на концепции волн плотности, существуют, однако, две альтернативные точки зрения. Космогонический сценарий Ривса основан на одной из них [4], в то время, как существуют серьезные наблюдательные и теоретические основания в пользу второй [9—11]. Если справедлива вторая точка зрения, то ранняя история Солнечной системы выглядела совершенно иначе. Этому вопросу посвящена настоящая статья.

В чем заключается альтернатива в проблеме спиральной структуры? В обоих случаях речь идет о волнах плотности, но разного типа. Геометрия спирального узора галактик, которая может сравниваться с наблюдениями, описывается формулой:

$$\theta - \theta_0 = \frac{1}{m} \int K dR, \quad (1)$$

где θ , R — цилиндрические координаты с началом в центре галактики, m — число рукавов спирали, K — волновое число. Частота волны $\omega \equiv m\Omega$ связана с K дисперсионным уравнением, полученным в работе [4]. В символической форме его можно записать в виде:

$$K = K_{L,S}[\Omega(R), \sigma(R), \mu(R), \Omega_p], \quad (2)$$

где $\Omega(R)$ — угловая скорость дифференциального вращения бесконечно тонкого диска, моделирующего галактику, $\sigma(R)$ — дисперсия скоростей звезд в нем, $\mu(R)$ — поверхностная плотность диска, Ω_p — угловая фазовая скорость вращения волны плотности, причем по определению $\Omega_p = \text{const}$ (не зависит от R). Решение (2) двузначно: $K = K_S$ — описывает т. н. коротковолновую моду (S -волны), $K = K_L$ — длинноволновую (L -волны). Эти названия связаны с поведением волн плотности на внутреннем линдбладовском резонансе $R = R_L'$, где выполняется условие $\omega - m\Omega = -\chi$, эциклическая частота $\chi = 2\Omega[1 + (2\Omega)^{-1} r \partial\Omega/\partial r]^{1/2}$. При $R \rightarrow R_L'$: $K_S \rightarrow \infty$, $K_L \rightarrow 0$. Если известна модель Галактики, т. е. величины $\Omega(R)$, $\sigma(R)$, $\mu(R)$, то, подставляя (2) в (1), находим геометрию спирального узора. Она зависит от одного свободного параметра Ω_p , подбирая который можно наилучшим образом удовлетворить наблюдениям. Структура считается двухрукавной, т. е. $m = 2$.

В [4] рассмотрена модель «перемешанной Галактики», вся масса которой «втиснута» в бесконечно тонкий диск. Такой «миксмастер» характеризуется единичными $\Omega(R)$, $\sigma(R)$, $\mu(R)$, где $\sigma(R)$ — усредненная по толщине Галактики дисперсия скоростей звезд, $\mu(R)$ — проекция полной плотности Галактики на плоскость бесконечно тонкого диска, который выирается в качестве ее модели. В этом случае согласие с наблюдениями достигается, если волны плотности S -типа и $\Omega_p = 13.5 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ [4]. Именно этому значению Ω_p и соответствует космогонический сценарий Ривса [1].

В действительности Галактика состоит из ряда подсистем с совершенно различными кинематическими и динамическими характеристиками, каждая из которых характеризуется своим набором параметров $\Omega_i(R)$, $\sigma_i(R)$, $\mu_i(R)$. Спиральные волны плотности в такой модели Галактики

впервые были рассмотрены в [12], где было получено соответствующее дисперсионное уравнение, частным случаем которого (когда число подсистем = 1) является (2). Это уравнение состоит из суммы членов, каждый из которых характеризует вклад в волну соответствующей подсистемы. Этот вклад $\sim \mu_i \sigma_i^{-2}$. Повтому вклад в волну от подсистем с большой дисперсией скоростей мал, несмотря на то, что на их долю приходится большая часть массы Галактики. Эта ситуация была проанализирована в [9]. Оказалось в результате, что вклад в волны плотности дает только самая плоская подсистема (с минимальной дисперсией скоростей), характеризующаяся параметрами $\Omega_f, \sigma_f, \mu_f$, которые резко отличаются от соответствующих параметров «миксмастерной модели» [4]. При этом волны плотности снова описываются уравнением (2); но с одним существенным дополнением: вместо полных значений Ω, σ, μ в нем стоят $\Omega_f, \sigma_f, \mu_f$ [9].

Это радикально меняет ситуацию — согласие с наблюдениями для нашей Галактики достигается теперь уже не для S -волн, как в [4], а для L -волн, причем при $\Omega_p \simeq 24 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ [9, 13]. Это различие имеет далеко идущие последствия для проблемы возбуждения и поддержания спиральной структуры. Укажем, в частности, что источник S -волн должен находиться в периферических областях Галактики, так как их групповая скорость направлена к ее центру. Источник L -волн находится в центральной области, так как их групповая скорость направлена от центра к периферии, что заведомо предпочтительнее, так как «генератором» волн тогда может быть бар или овальное искажение ядра Галактики. Наличие «генератора» на периферии представляется малопривлекательным. Подробное обсуждение этого вопроса выходит за рамки настоящей статьи (см. [11]). Поскольку, однако, для дальнейшего важно, какой именно тип волн плотности ответственен за спиральную структуру Галактики, укажем группы фактов, свидетельствующих в пользу L -волн с $\Omega_p \simeq 24 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$.

Во-первых, прямое определение величины Ω_p из наблюдений, проведенных за последние годы различными методами, дает значение Ω_p , близкое к $(20 + 25) \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ [13—20], но не к $13 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$, как должно быть согласно [4]. По-видимому, наиболее точное самосогласованное определение параметров спиральной структуры Галактики по полю скоростей 192 цефеид было сделано в [13]. Авторы [13] нашли $\Omega_p = (23.6 \pm 3.6) \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$. Это дает основания считать $\Omega_p \simeq 24 \text{ км}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$. Заметим, что параметры плоской подсистемы, ответственной за спиральную структуру, согласно [9], действительно, как отмечалось выше, резко отличаются от параметров «перемешанной» модели Галактики [4]. Например, в окрестности Солнца $\mu(R_\odot) = 114 M_\odot \text{ пс}^{-2}$, в то время, как определенное в [13] $\mu_f = 50 M_\odot \text{ пс}^{-2}$.

Во-вторых, распределение молодых объектов — индикаторов спиральной структуры также лучше согласуется со значением $\Omega_p \approx (20 \div 25)$ км с⁻¹ кпс⁻¹. Волна плотности распространяется по звездному населению плоской подсистемы Галактики. Это — волна малой амплитуды ($\sim 10\%$). Поскольку газа в Галактике мало ($\sim 4\%$), то, разгоняясь в гравитационном поле даже слабой волны плотности, он испытывает резкое торможение, так что возникает галактическая ударная волна [21]. В сжатом ударной волной газе возникают холодные объекты: облака H II, OB-звезды, сверхновые и другие индикаторы спиральной структуры. Относительная скорость газа и волн плотности в направлении, перпендикулярном фронту, есть:

$$V_{\perp} = [\Omega(R) - \Omega_p] R \sin i, \quad (3)$$

где i — угол закрутки спирали (угол между спиралью и галактоцентрической окружностью радиуса R). Очевидно, чем больше $V_{\perp}$, тем больше должно быть индикаторов. При $\Omega_p = 13.5$ км с⁻¹ кпс⁻¹ $V_{\perp} > c_s$ (c_s — скорость звука), вплоть до $R \approx 15 \div 16$ кпс; при $\Omega_p = 24$ км с⁻¹ кпс⁻¹ $V_{\perp} > c_s$ при $R < 9$ кпс [22]. Нейтральный водород H I, из которого образуются индикаторы, наблюдается вплоть до расстояний $R \approx 16 \div 18$ кпс. Таким образом, если верна модель [4], то индикаторов должно быть много вплоть до расстояний $R \approx 15 \div 16$ кпс, где $V_{\perp} > c_s$ и имеется ударная волна. В действительности количество индикаторов резко уменьшается как раз на расстояниях порядка $(9 \div 10)$ кпс от центра Галактики, что согласуется с моделью [9] и величиной $\Omega_p > 20$ км с⁻¹ кпс⁻¹ (см. [10, 15, 22]).

В-третьих, скорость распространения процесса звездообразования, который происходит в газе, сжатом галактической ударной волной [21] (в окрестности Солнца (≤ 1 кпс)), составляет $V_{sf} \approx (5 \div 10)$ км с⁻¹ [23, 24]. Эта цифра хорошо согласуется с моделью [9] и L -волнами, но не согласуется с моделью [4]. Действительно, линейная относительная скорость волны плотности и газа есть

$$V_0 = [\Omega(R) - \Omega_p] R. \quad (4)$$

При $\Omega_p \approx 24$ км с⁻¹ кпс⁻¹ и $R = 10$ кпс имеем $V_0 \approx 10$ км с⁻¹ $\sim V_{sf}$. При $\Omega_p \approx 13.5$ км с⁻¹ кпс⁻¹ имеем $V_0 \approx 115$ км с⁻¹, что на порядок больше, чем V_{sf} (подробнее см. [25]).

Итак, есть серьезные основания полагать, что угловая скорость волн плотности порядка $\Omega_p \approx 24$ км с⁻¹ кпс⁻¹. Каковы последствия этого факта для ранней истории Солнечной системы? Во-первых, все фундаментальные временные шкалы космогонии получают естественное объяснение; во-вторых, оказывается, что Солнце в Галактике находится в исключитель-

ном положении; в-третьих, если последнее не случайно, то появляются основания для прогноза того, где в нашей и других галактиках следует искать себе подобных.

Примем для удобства $\Omega_p \simeq 24.3 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$. Тогда угловая скорость Солнца относительно волны плотности составит $\Delta\Omega = \Omega_\odot - \Omega_p = 0.7 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$. Поскольку спиральная структура считается двухрукавной, то время между двумя последовательными встречами Солнца (лучше говорить о досолнечном облаке) с волнами плотности есть $\Delta T = \pi(\Delta\Omega)^{-1} = 4.6 \cdot 10^8$ лет, что совпадает с временной шкалой T_1 . Таким образом, при $\Omega_p = 24.3 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ время жизни Солнечной системы T_1 , определенное по радиоактивной геохронологии и возрасту каменных метеоритов [8], совпадает (во всяком случае по порядку величины) со временем жизни протосолнечного облака между спиральными рукавами. Не имеет ли это значения для проблемы происхождения жизни?

Вторая временная шкала $T_2 \simeq (2 + 4) \cdot 10^8$ лет, оказывается, совпадает со временем жизни досолнечного облака внутри спирального рукава. Действительно, длина дуги окружности, по которой облако движется внутри рукава, есть $\Delta l = \Delta r (\sin i)^{-1}$, где Δr — толщина рукава. При $\Delta r \simeq 300 \text{ пс}$ и $i \simeq 7.5^\circ$ $\Delta l \simeq 2.3 \text{ кпс}$. Из (4) находим $V_0 \simeq 7 \text{ км с}^{-1}$, что дает время движения облака внутри рукава $\Delta t = \Delta l \cdot V_0^{-1} \simeq 3.3 \cdot 10^8$ лет, которое совпадает с T_2 . Молодые объекты и, в частности, сверхновые возникают в газе, уплотненном волной сжатия (или ударной волной при $R < 9 \text{ кпс}$), который расположен на внутренней кромке спирального рукава, через которую входит в рукав досолнечное облако. Повтому, попадая в спиральный рукав, облако сразу же «загрязняется» нуклидами иода и плутония (от взрывов близких сверхновых), которые затем свободно распадаются вплоть до события, приведшего к началу формирования Солнечной системы и, в частности, метеоритов.

Шкала T_3 , если она реальна, совпадает с гидродинамическим временем взаимодействия досолнечного облака с волной плотности (или волной сжатия). Действительно, звездообразование происходит, как известно, в молекулярных облаках [26], типичные линейные размеры которых порядка $\Delta x \sim 1 \text{ пс}$. Согласно (3) $V_{\perp} \simeq 1 \text{ км с}^{-1}$. Отсюда $\Delta t_c \sim \Delta x \cdot V_{\perp}^{-1} \simeq 10^6$ лет, что совпадает с T_3 . В оболочках молекулярных облаков масса Джинса $M_J \simeq (8 + 24) M_\odot$ [26]. В их ядрах $M_J \simeq (2 + 4) M_\odot$ [26], т. е. близка к обычно принимаемому значению массы протосолнечной туманности (см., например, [27]). Если, таким образом, гидродинамическое взаимодействие волны с досолнечным молекулярным облаком приводит к его коллапсу и фрагментации, то массивные звезды, вспыхивающие как сверхновые у кромки облака (их время эволюции также $\sim 10^6$ лет), могут «за-

грязнить» радиоактивным алюминием протосолнечное облако формирующееся в его центральной части. Анализ всех этих вопросов см. в [25].

Отметим еще лишь два обстоятельства: 1) удельный момент, приобретаемый протосолнечным облаком в волне плотности, оказывается порядка $q \approx 10^{20} \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$, т. е. порядка удельного момента планетной системы [25]; 2) вся эволюция досолнечного облака, проходящего, по-видимому, через стадию молекулярного облака и далее, вплоть до образования протосолнечной туманности, происходила в стационарных условиях, так как характерное время основных физических процессов $t_i \ll T_s$ [25]. Весьма существенно также, что вся эволюция происходила в стационарных условиях повышенного внешнего давления, обусловленного волной сжатия в газе*. Необходимость непрерывно действующего внешнего давления представляется почти несомненной для включения процесса звездообразования [24].

Таким образом, при $\Omega_p \approx 24 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ (возьмем $\Omega_p = 24.3 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$) космогонический сценарий ранней истории Солнечной системы выглядит приблизительно так. Если возраст досолнечного облака $t_a < 9.2 \cdot 10^9$ лет, то оно входило в спиральный рукав Галактики только один раз $\approx 4.93 \cdot 10^9$ лет назад. При входе в рукав оно было «загрязнено» нуклидами иода и плутония от взрывов сверхновых (одной или нескольких), возникающих на внутренней кромке волны плотности, через которую досолнечное облако вошло в рукав. Далее, оно двигалось в рукаве $0.33 \cdot 10^9$ лет, в течение которых иод и плутоний свободно распадались, а облако проэволюционировало до состояния протосолнечной туманности, находясь все время в стационарных условиях обжатия внешним давлением. Возможно, в процессе эволюции, на стадии молекулярного облака, протосолнечная туманность была «загрязнена» ^{26}Al от вспышек сверхновых, образовавшихся в оболочке облака (если реальна шкала T_s). Приблизительно $4.6 \cdot 10^9$ лет назад протосолнечная туманность покинула спиральный рукав Галактики и вплоть до «сегодняшнего дня» перемещалась и эволюционировала в пространстве между спиральными рукавами, не пересекая их, так что они не оказывали влияния на ее эволюцию. Сейчас Солнце находится между рукавами Персея и Стрельца [28].

Если спиральная структура обусловлена волнами плотности с $\Omega_p \approx 24 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$, то Солнце в Галактике находится в исключительном положении. Галактика вращается дифференциально, так что ее угловая скорость есть функция расстояния $\Omega = \Omega(R)$. Волны плотности вращаются с постоянной угловой скоростью $\Omega_p = \text{const}$, поэтому в каждой галактике существует так называемый коротационный круг с $R = R_c$,

* Разумеется, в таких же условиях находились и находятся все объекты, расположенные вблизи коротационной окружности.

на котором скорости волны и галактики совпадают, т. е. выполняется условие $\Omega(R_c) = \Omega_p$. В каждой галактике есть только один коротационный круг, который, таким образом, является в ней выделенным местом. При $\Omega_p = 24 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ коротационный круг имеет радиус $R_c = 10.3 \text{ кпс}$, т. е. Солнце расположено очень близко к коротации ($R_\odot = 10 \text{ кпс}$) и, следовательно, находится в исключительном положении. Отклонение Солнца от коротации по галактическим масштабам мало, $\Delta R/R_\odot = 0.03$, где $\Delta R = R_c - R_\odot$. Именно близость к коротации обуславливает стационарность условий эволюции досолнечного облака — оно движется почти синхронно с волной. Разумеется, в исключительном положении находится не только Солнце, но и все галактические объекты, расположенные вблизи коротационного круга. Независимое доказательство близости Солнца к коротации получено в недавней работе [28], где было показано, что градиенты возрастов звезд в рукавах Персея и Стрельца, между которыми находится Солнце, имеют противоположные знаки. Это возможно лишь в том случае, если разность $\Omega_\odot - \Omega_p$ между этими рукавами меняет знак, т. е. между ними проходит коротационный круг, вблизи которого, таким образом, находится Солнце. Заметим, что при $\Omega_p = 13.5 \text{ км с}^{-1} \text{ кпс}^{-1}$ $R_c \approx 16 \text{ кпс}$, и эти результаты вряд ли могут иметь естественное объяснение.

Интригующий вопрос, является ли близость Солнца к коротации случайной или это условие является необходимым и (или) достаточным для формирования систем, подобных Солнечной, пока не имеет ответа. Если для формирования систем, подобных Солнечной, необходимо исключительное положение — близость к коротации, то, очевидно, искать себе подобных следует вблизи коротационных окружностей нашей и других галактик.

Веру в такое предположение ослабляют два обстоятельства: во-первых, наличие в Галактике большого числа двойных и кратных звезд, находящихся далеко от Солнца и коротации, процесс образования которых считается сходным с процессом образования планетных систем (подробнее см. [29]); во-вторых, считается, что исследования околосолнечной окрестности ($\Delta R \lesssim 300 \text{ пс}$) свидетельствуют о множественности планетных систем в Галактике (статистика Абта и Леви [30], звезда Барнарда), так как они, по-видимому, обнаруживаются даже вблизи Солнца, т. е. в малой части нашей звездной системы.

Первое обстоятельство действительно существенно, но только если оно верно. К сожалению, в настоящее время теоретические знания недостаточны, чтобы быть уверенным в том, что начальные условия возникновения двойных звезд и планетных систем в нужной степени идентичны. Наблюдения тем более не могут пока дать ответа на этот вопрос. Что касается второго обстоятельства, то оно, возможно, свидетельствует, скорее, в пользу необходимости исключительного положения протосолнечного обла-

ка в Галактике (вблизи коротационной окружности), чем против него. Действительно, все данные, полученные при исследованиях звезд в около-солнечной окрестности Галактики ($\Delta R \lesssim 300$ пс), относятся к области коротации, так как вблизи нее находится Солнце. Поэтому они могут свидетельствовать в пользу множественности звезд с планетными системами, но вблизи коротации, а не вообще в Галактике. Более общий вывод заключается в том, что вообще наблюдательные данные, полученные для около-солнечной окрестности, нельзя экстраполировать на всю Галактику, так как Солнце в Галактике находится в специальных условиях.

Я хотел бы выразить глубокую признательность Р. Э. Сагдееву, привлекавшему мое внимание к проблемам космогонии, Н. С. Кардашеву и И. С. Шкловскому за обсуждение.

Институт космических исследований
АН СССР

FEATURES OF THE POSITION OF SUN IN THE GALAXY

L. S. MAROCHNIK

The Solar system position in the Galaxy is exclusive one since the Sun is close to the corotation circle which is the place where the angular velocity of the galactic differential rotation is equal to that of density waves displaying as the galactic spiral arms. Each galaxy contains only one corotation circle therefore it is the exceptional place. The special conditions of the Sun position in the Galaxy explain the fundamental cosmogony time scales ($4.6 \cdot 10^9$ years, $\sim 10^8$ years, $\sim 10^6$ years) detected by radioactive decay of various nuclides. If the special position of the Sun is not incidental than the corotation circles of our Galaxy as well as those of other galaxies are just regions where situations similar to ours are likely to be found.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Reeves, in "Symp. on the Origin of the Solar System", ed. H. Reeves., Centre Nat. Rech. Sci., Paris, 1972.
2. C. M. Hohenberg, F. A. Podosek, J. H. Reynolds, Science, 156, 202, 1967.
3. D. Clayton, Ap. J., 268, 381, 1983.
4. C. C. Lin, C. Yuan, F. Shu, Ap. J., 155, 721, 1969.
5. T. Lee, O. A. Papanastassiou, G. J. Wasserburg, Geophys. Res. Lett., 3, 109, 1976.
6. D. N. Schramm, in "Protostars and Planets", ed. Gehrels, Arizona, 1978.
7. F. A. Podosek, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 16, 293, 1978.
8. D. Clayton, in "Protostars and Planets", ed. Gehrels, Arizona 1978, p. 13.

9. *L. S. Marochnik, Yu. N. Mishurov, A. A. Suchkov, Astrophys. Space Sci., 19* 285, 1972.
10. *A. A. Сучков, Астрон. ж., 55, 972, 1978.*
11. *L. S. Marochnik, A. A. Suchkov, Space Research Institute of USSR Acad. Sci. Preprint No. 621, 1981; Astrophys. Space Sci., 79, 337, 1981.*
12. *L. S. Marochnik, A. A. Suchkov, Astrophys. Inst. Tadj. SSR Acad. Sci., Preprints No. 1—4, 1968; Astrophys. Space Sci., 4, 317, 1969.*
13. *Ю. Н. Мишуrow, Е. Д. Павловская, А. А. Сучков, Астрон. ж., 56, 268, 1979.*
14. *M. Crèze, M. O. Mennessier, Astron. Astrophys., 14, 275, 1976.*
15. *W. Burton, Ann. Astron. Astrophys., 14, 275, 1976.*
16. *E. Stecker, Nature, 260, 412, 1976.*
17. *K. Rolfs, Quiroga, Preprint, 1977.*
18. *A. Nelson, T. Matsuda, M. N. RAS, 179, 663, 1977.*
19. *J. Palous, Astron. Astrophys., 37, 361, 1980.*
20. *R. J. Tatbot, Ap. J., 235, 821, 1980.*
21. *R. W. Roberts, Ap. J., 158, 123, 1969.*
22. *Б. Г. Берман, Ю. Н. Мишуrow, Астрофизика, 16, 73, 1980.*
23. *A. Blaauw, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 2, 213, 1964.*
24. *C. J. Lada, L. Blitz, B. G. Elmegreen, in "Protostars and Planets", ed. Gehrels, Arizona, 1978, p. 241.*
25. *L. S. Marochnik, Astrophys. Space sci., 1981.*
26. *M. J. Evans II, in "Protostars and Planets", ed. Gehrels, Arizona, 1978, p. 153.*
27. *A. G. W. Cameron, in "Protostars and Planets", ed. Gehrels, Arizona, 1978.*
28. *Е. Д. Павловская, А. А. Сучков, Письма АЖ, 1981.*
29. *И. С. Шкловский, Вселенная, жизнь, разум, изд: 5-ое, Наука, М., 1980.*
30. *H. A. Abt, S. G. Levy, Ap. J., Suppl. ser., 30, 273, 1976.*