

ISSN 0004-6299

Том 100, Номер 4

Апрель 2023



АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 100, номер 4, 2023

Трехмерная численная модель оболочки горячей экзопланеты
на основе сферических координат

А. Г. Жилкин

305

Новое значение скорости апсидального вращения и физические параметры
тройной затменной системы AS Cam

И. М. Волков

319

Звездная структура северной части области Меча Ориона

С. В. Верещагин, Н. В. Чупина

336

ТРЕХМЕРНАЯ ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ОБОЛОЧКИ ГОРЯЧЕЙ ЭКЗОПЛАНЕТЫ НА ОСНОВЕ СФЕРИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

© 2023 г. А. Г. Жилкин*

Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

**E-mail: zhilkin@inasan.ru*

Поступила в редакцию 21.12.2022 г.

После доработки 16.02.2023 г.

Принята к публикации 06.03.2023 г.

Для исследования процесса обтекания горячего юпитера звездным ветром разработан новый трехмерный параллельный численный код в сферических координатах. Особенность сферической системы координат в окрестности полюсов преодолевается с помощью использования тернарной сферической сетки, которая представляет собой композитную сетку, состоящую из трех отдельных секторов. Численная модель многокомпонентной магнитной гидродинамики, разработанная ранее для декартовых координат, перенесена в новую модель. Представлены результаты численного расчета структуры протяженной оболочки квазиоткрытого типа для случая сверхальфвеновского обтекания горячего юпитера. Показано, что пространственного разрешения сетки оказывается достаточно для самосогласованного расчета структуры атмосферы горячего юпитера. Это позволяет в дальнейшем использовать новую модель для трехмерных астрономических расчетов.

Ключевые слова: численное моделирование, магнитная гидродинамика (МГД), сферические координаты, горячие юпитеры

DOI: 10.31857/S0004629923040060, **EDN:** UNCEEP

1. ВВЕДЕНИЕ

Горячими экзопланетами называются планеты, орбиты которых расположены близко к родительской звезде (большая полуось орбиты не превосходит 0.1 а.е.) [1]. Одним из ключевых факторов, определяющих состояние атмосферы таких планет, является нагрев излучением звезды, который происходит за счет поглощения излучения в диапазонах мягкого рентгена (1–10 нм) и жесткого ультрафиолета (10–100 нм). Кроме того, важный вклад в нагрев верхней атмосферы могут давать частицы плазмы звездного ветра и магнитосферы. В частности, необходимо учитывать процесс высыпания электронов магнитосферного происхождения [2]. В формировании экзосфер горячих экзопланет определяющую роль играют процессы взаимодействия со звездой. Высокая температура верхней атмосферы сопровождается ее ионизацией и расширением и может приводить к значительному притоку плазмы в магнитосферу. В результате возникают интенсивные газодинамические потоки. Вещество плазмосферы в этом случае уже не является бесстолкновительным, а форма плазмосферы может значительно отличаться от сферической.

Примерами горячих экзопланет являются горячие юпитеры и теплые нептун. Первый горячий юпитер был открыт еще в 1995 г. [3]. Вследствие близкого расположения к родительской звезде и относительно больших размеров газовые оболочки горячих экзопланет-гигантов могут переполнять свои полости Роша. Это приводит к формированию интенсивных истечений газа не только на ночной, но и на дневной стороне (окрестность внутренней точки Лагранжа L_1) планеты [4, 5]. Такую расширяющуюся верхнюю атмосферу можно назвать протяженной оболочкой горячей экзопланеты-гиганта. Она расположена за пределами полости Роша, имеет достаточно большие размеры, относительно высокую плотность и характеризуется значительными отклонениями от сферической формы. На наличие таких протяженных оболочек косвенно указывает избыточное поглощение излучения в ближнем ультрафиолетовом диапазоне, наблюдаемое у некоторых горячих юпитеров и нептонов во время их прохождения на фоне диска родительской звезды [6–12]. Эти выводы подтверждаются непосредственными численными расчетами в рамках астрономических моделей [13–17].

Трехмерная газодинамическая структура протяженных оболочек горячих юпитеров исследовалась в работах [18–23], где было показано, что в зависимости от параметров в процессе взаимодействия звездного ветра с расширяющейся оболочкой планеты могут формироваться структуры трех основных типов: замкнутые, квазизамкнутые и открытые. При этом тип протяженной оболочки определяет значение темпа потери массы горячего юпитера [18]. В двумерных моделях [24, 25], а также в трехмерной модели [26] эффектами звездного ветра пренебрегалось. В последующих работах этих авторов [27, 28] влияние звездного ветра было учтено. Однако при этом в аэрономической модели задавалось достаточно высокое значение концентрации на фотометрическом радиусе, что приводило, как правило, к формированию оболочки открытого типа с примерно одинаковым значением темпа потери массы.

Оценки величины магнитного поля горячих юпитеров (см., напр., [29]) показывают, что оно является относительно слабым, но вполне достаточным, чтобы оказывать влияние на динамику оболочек. Неоднократно предпринимались попытки учета магнитного поля в одномерных [30–33], двумерных [34] и трехмерных [32, 35–37] численных аэрономических моделях атмосфер горячих юпитеров. В работах с участием автора также исследовалось влияние собственного магнитного поля планеты [38, 38] и поля ветра [40–45] на динамику оболочек горячих юпитеров (см. обзор [1] и монографию [2]).

В недавней работе [46] была развита численная модель протяженной оболочки горячего юпитера в рамках приближения многокомпонентной магнитной гидродинамики с включением полноценной МГД модели звездного ветра. Приближение многокомпонентной МГД, в частности, в перспективе позволит учитывать изменения химического состава водородно-гелиевых оболочек горячих юпитеров. Однако эта модель основана на декартовой системе координат. Существенным недостатком этого подхода является недостаточное пространственное разрешение во внутренних частях атмосферы для численной реализации гидростатического равновесия, поскольку естественной геометрией для этого является не декартова, а сферическая геометрия. Это не позволяет в рамках одной численной модели самосогласованным образом рассчитывать структуру протяженной оболочки и верхней атмосферы. В данной работе представлена аналогичная трехмерная численная модель, основанная на сферических координатах. Как показали результаты численных расчетов, в рамках новой модели величина пространственного разрешения во внутренних частях верхней атмосферы оказывается вполне достаточной для численной реализации состояния гидростатического равновесия. Это позволя-

ет в дальнейшем использовать ее для трехмерных аэрономических расчетов оболочек и атмосфер горячих экзопланет.

Статья организована следующим образом. В разделе 2 описана структура сферической расчетной сетки. В разделе 3 приведено описание численной модели. В разделе 4 представлены результаты численных расчетов. В Заключение сформулированы основные выводы по работе. Наконец, некоторые детали численного метода описаны в Приложении.

2. ТЕРНАРНАЯ СФЕРИЧЕСКАЯ СЕТКА

Координаты x , y , z глобальной декартовой системы координат связаны с координатами r , θ , φ соотношениями:

$$\begin{aligned} x &= r \sin \theta \cos \varphi, & y &= r \sin \theta \sin \varphi, \\ z &= r \cos \theta. \end{aligned} \quad (1)$$

Однако глобальная сферическая система координат содержит особенность на полярной оси ($\theta = 0$, $\theta = \pi$), где азимутальный угол φ становится неопределенным. Эта особенность будет неминуемо проявляться в соответствующих численных моделях, приводя к искажению решения в окрестности полюсов. Одним из распространенных способов преодоления этой проблемы является разбиение глобальной сферы на конечное число областей. В каждой такой области можно ввести локальную систему координат, которая оказывается уже невырожденной. Для получения полного решения во всей пространственной области останется только сшить локальные решения на границах областей с помощью преобразований координат.

Наиболее строгим с математической точки зрения подходом такого типа является использование кубизированной сферы [47]. Сетка строится с помощью проекции шести граней куба на поверхность описанной вокруг него сферы. В результате можно получить точное разбиение сферы на шесть непересекающихся одинаковых областей. Локальные угловые координаты в каждой области получаются с помощью проекции декартовых координат на соответствующей грани куба. При этом, однако, получающаяся криволинейная система координат не является сферической и к тому же оказывается неортогональной. Поэтому использование такого подхода не всегда является удобным. Тем не менее его часто используют в астрофизических вычислениях (см., напр., [48, 49]).

Альтернативным подходом является формирование композитной сетки [50] на основе локальных сферических координат. В работе [51] для моделирования трехмерной структуры солнечного ветра использованы три области: одна

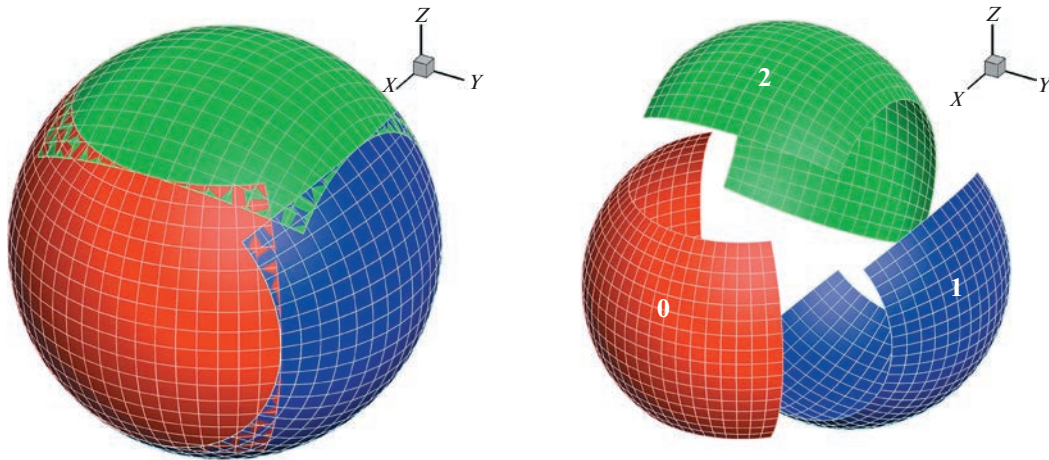


Рис. 1. Общий вид тернарной сферической сетки (слева) и соответствующее разбиение сферы на три одинаковых сектора (справа) с частичным перекрытием.

экваториальная и две полярные. В этом случае достигается минимальное отклонение от глобальной сферической системы координат, поскольку размеры полярных областей можно варьировать. С другой стороны, конфигурации областей отличаются между собой. В композитной сетке Инь-Янь [52] используется разбиение сферы на две одинаковые области, повернутые друг относительно друга на 90° . В этом подходе получается минимальное количество областей с одинаковой конфигурацией. В качестве одного из недостатков иногда указывают на слишком длинную границу между областями, что может замедлять параллельную программу. В работах [53, 54] предложено использовать композитную сферическую сетку, состоящую из шести одинаковых областей, соответствующих шести граням куба. В этом случае сетка строится на основе регулярной конфигурации, а области имеют короткие границы. Однако количество областей относительно велико.

В данной работе рассматривается численная модель, основанная на композитной сферической сетке, состоящей из трех одинаковых областей. Для удобства будем называть такую конструкцию *тернарной сферической сеткой*. Общая структура такой сетки изображена на левой панели рис. 1. Соответствующее разбиение на три сектора представлено на правой панели этого рисунка. Каждый сектор 0, 1, 2 ориентирован определенным образом относительно одной из осей глобальной декартовой системы координат. В результате преобразования между локальными координатами в секторах сводятся к циклической перестановке глобальных декартовых координат. Достоинствами данного подхода являются одинаковая конфигурация областей, небольшое их количество, достаточно короткие границы и про-

стые законы преобразования координат. К недостатку можно отнести наличие пересечений между областями (перехлесты). Однако этот недостаток присущ всем сеткам композитного типа.

Будем нумеровать сектора индексом l , пробегающим значения 0, 1, 2. В каждом секторе используются локальные сферические координаты r, θ, φ . При этом угловые переменные изменяются в пределах:

$$\frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{3\pi}{4}, \quad -\frac{3\pi}{4} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{4}. \quad (2)$$

Внутри каждого сектора удобно ввести локальную декартову систему координат $x^{(l)}, y^{(l)}, z^{(l)}$:

$$\begin{aligned} x^{(l)} &= r \sin \theta \cos \varphi, & y^{(l)} &= r \sin \theta \sin \varphi, \\ z^{(l)} &= r \cos \theta. \end{aligned} \quad (3)$$

Тогда связь между локальными и глобальными декартовыми координатами определяется следующими простыми формулами:

$$x^{(0)} = x, \quad y^{(0)} = y, \quad z^{(0)} = z, \quad (4)$$

$$x^{(1)} = y, \quad y^{(1)} = z, \quad z^{(1)} = x, \quad (5)$$

$$x^{(2)} = z, \quad y^{(2)} = x, \quad z^{(2)} = y. \quad (6)$$

Иными словами, сектору 0 соответствует тождественная перестановка глобальных координат $[xyz]$, сектору 1 соответствует перестановка $[yzx]$, а сектору 2 — перестановка $[xzy]$. Преобразования для декартовых компонентов векторов получаются аналогичным образом. Заметим, что в секторе 0 локальные координаты совпадают с глобальными.

На сфере имеются две точки, в которых пересекаются границы всех трех секторов. Они распо-

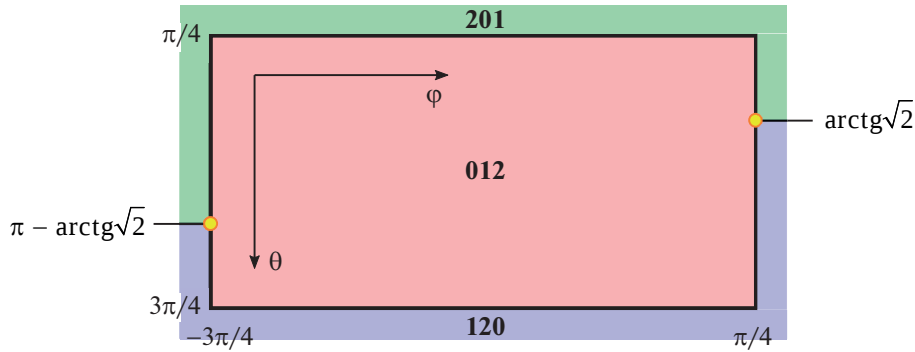


Рис. 2. Структура границ по угловым переменным для данного сектора тернарной сферической сетки. Цифры 0, 1, 2 соответствуют индексам секторов.

лагаются на главной диагонали глобальной декартовой системы координат x, y, z . Первой точке соответствуют значения глобальных координат

$$\begin{aligned} x = y = z = \frac{r}{\sqrt{3}}, \quad \varphi = \frac{\pi}{4}, \\ \theta = \arctg \sqrt{2} \approx 54.74^\circ, \end{aligned} \quad (7)$$

а для второй точки получаем

$$\begin{aligned} x = y = z = -\frac{r}{\sqrt{3}}, \quad \varphi = -\frac{3\pi}{4}, \\ \theta = \pi - \arctg \sqrt{2} \approx 125.26^\circ. \end{aligned} \quad (8)$$

Назовем эти две точки *точками перехлеста*.

Наличие этих точек приводит к тому, что граница данного сектора по угловым переменным имеет структуру, изображенную на рис. 2. Граница по координате θ (соответствует минимальному или максимальному значению θ при произвольном значении φ) везде примыкает к одному и тому же сектору (вверху и внизу на рисунке). Граница по координате φ (соответствует минимальному или максимальному значению φ при произвольном значении θ) примыкает сразу к двум секторам (слева и справа на рисунке). Эти участки границы разделяются точками перехлеста. Нумерация секторов на рисунке осуществляется с помощью циклической перестановки индексов 0, 1, 2. Например, если рассматриваются границы для сектора 1, то сверху окажется сектор 0, а снизу — сектор 2. Точки перехлеста необходимо учитывать в процедуре сшивки секторов для получения полного решения.

Для ускорения трехмерных расчетов вычислительную программу адаптируют для выполнения на нескольких параллельных процессах. В данном подходе параллельная программа организуется следующим образом. Вначале разбиваем сетку в радиальном направлении на несколько слоев. Обозначим через N_r исходное число ячеек в радиальном направлении, а через M — соответ-

ствующее число слоев. Тогда $N_r = Mn_r$, где n_r — число ячеек в одном радиальном слое. Один процесс обрабатывает один радиальный слой в одном секторе. Иначе говоря, непараллельная программа решает задачу только в одном секторе. Если обозначить через n_θ и n_φ количество ячеек в координатных направлениях θ и φ , то полное число ячеек окажется равным

$$N = N_r \cdot 3n_\theta n_\varphi = 3Mn_r n_\theta n_\varphi. \quad (9)$$

Полное число процессов при этом равно $P = 3M$.

Таким образом, данный процесс ранга p ($0 \leq p \leq P - 1$) будет решать задачу в некотором радиальном слое с номером m ($0 \leq m \leq M - 1$) внутри текущего сектора l . Нетрудно видеть, что эти числа связаны простым соотношением

$$p = lM + m. \quad (10)$$

Отсюда, зная ранг процесса p , можно найти индекс сектора l и номер радиального слоя m :

$$l = \text{int}\left(\frac{p}{M}\right), \quad m = p - lM, \quad (11)$$

где функция $\text{int}(x)$ возвращает целую часть вещественного числа x .

Поскольку в композитных сетках области могут перекрываться, то в таких случаях для сшивки значений на границах областей необходимо использовать интерполяцию величин [50]. В данном подходе задача сводится к двумерной интерполяции по угловым переменным θ и φ в ячейках, попадающих в области перекрытия двух секторов. При этом скалярные величины (плотность, давление и т.п.) просто интерполируются, а векторные величины (скорость, магнитное поле) нужно еще преобразовать в новую локальную систему координат. В численном коде, описанном ниже, реализовано несколько видов интерполяционных процедур (ближайший сосед, билинейная, биквадратичная и бикубическая). Однако, как показали численные эксперименты, резуль-

таты расчетов с использованием билинейной, биквадратичной и бикубической интерполяций различаются слабо. В тестовых расчетах (см. Приложение 8) использовалась бикубическая интерполяция, а в расчетах структуры протяженной оболочки горячего юпитера (см. ниже) использовалась билинейная интерполяция.

3. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Физическая и математическая постановка задачи полностью соответствует численной модели, описанной в работе [46]. Не будем здесь приводить подробное описание этой численной модели, ограничившись лишь упоминанием основных деталей. Для описания структуры течения в окрестности горячей экзопланеты используется приближение многокомпонентной магнитной гидродинамики. Это, в частности, позволяет учесть сложный химический состав верхней атмосферы и истекающей оболочки. Уравнения записываются в неинерциальной системе отсчета, вращающейся вместе с двойной системой, состоящей из планеты и звезды, вокруг их общего центра масс. Удобно ввести глобальную декартову систему координат (x, y, z) , начало которой совпадает с центром планеты. Ось x направим вдоль линии, соединяющей центры звезды и планеты, а ось y направим вдоль орбитального движения планеты. Тогда с учетом выбранных ориентаций осей x и y третья ось z будет совпадать по направлению с вектором орбитальной угловой скорости.

Полное магнитное поле $\mathbf{B}$ удобно представлять в виде суперпозиции фонового поля $\mathbf{H}$ и возмущения $\mathbf{b}$, которое определяет магнитное поле, индуцируемое токами в самой плазме [1, 38, 40, 55, 56]. Такой подход обеспечивает большую устойчивость численного алгоритма и повышает качество вычислений в разреженных областях с сильным магнитным полем, например, в магнитосфере планеты. В рамках исследуемой задачи фоновое поле $\mathbf{H}$ создается токами, распределенными за пределами расчетной области (корона звезды и недра планеты). Поэтому фоновое поле удовлетворяет условию потенциальности, $\nabla \times \mathbf{H} = 0$. Это позволяет его частично исключить из уравнений многокомпонентной магнитной гидродинамики [57, 58]. Кроме того, при расчетах структуры течения в окрестности горячего юпитера в нашей модели предполагается, что фоновое магнитное поле является стационарным, $\partial \mathbf{H} / \partial t = 0$. Это, в частности, обусловлено тем, что собственное вращение горячего юпитера, для которого мы проводим расчеты, из-за сильных приливных взаимодействий со стороны близко расположенной родительской звезды оказывается синхронизованным с орбитальным вращением. Следовательно, во вращающейся системе отсче-

та, связанной с орбитальным движением планеты, ориентация ее собственного магнитного поля не будет изменяться со временем.

Вид уравнений многокомпонентной магнитной гидродинамики в сферических координатах приведен в Приложении А. Разностная схема строится на основе метода конечного объема, некоторые детали которого приведены в Приложении В. Алгоритм численного решения уравнений многокомпонентной магнитной гидродинамики состоит из нескольких последовательных этапов, возникающих в результате применения метода расщепления по физическим процессам. На первом этапе численно решаются уравнения многокомпонентной магнитной гидродинамики без учета фонового поля. При этом используется разностная схема Роу-Эйнфельда-Ошера повышенного порядка аппроксимации, описанная в работе [46]. На втором этапе производится учет фонового магнитного поля [40]. На третьем этапе осуществляется очистка дивергенции магнитного поля с помощью метода обобщенного множителя Лагранжа [59]. На четвертом этапе учитываются внешние силы и эффекты нагрева-охлаждения.

Учет звездного ветра осуществлялся на основе осесимметричной модели [60], опирающейся на хорошо изученные свойства солнечного ветра [61]. В рамках этой модели ветра можно рассчитать профили плотности, скорости и других величин. Это позволяет получать параметры ветра в любой точке $\mathbf{r} = (x, y, z)$ расчетной области. При переходе в неинерциальную систему отсчета магнитное поле ветра не меняется, а скорость ветра пересчитывается с учетом орбитальной скорости планеты. Полученные распределения используются для задания начальных условий в области, занимаемой звездным ветром, а также для реализации граничных условий. В модели ветра предполагается политропное уравнение состояния. Это означает, что с точки зрения адиабатической модели в звездном ветре присутствуют эффективные процессы нагрева. Для согласования этих двух моделей в уравнение энергии добавлена соответствующая функция нагрева, которая обеспечивает механизм ускорения ветра.

В начальный момент времени вокруг планеты задавалась сферически симметричная изотермическая атмосфера, распределение плотности в которой определялось из условия гидростатического равновесия. Начальная толщина атмосферы определялась из условия равновесия по полному давлению с веществом звездного ветра в точке лобового столкновения. При моделировании структуры протяженных оболочек горячих юпитеров предполагается водородно-гелиевый состав верхней атмосферы. В начальный момент времени задавался однородный химический состав, когда параметр $\chi = [\text{He}/\text{H}]$, равный отношению числа

ядер гелия к числу ядер водорода, остается постоянным в любом выделенном объеме атмосферы. Учитывались следующие значимые компоненты атмосферы [1, 2]: H , H^+ , H_2 , He , He^+ , а также протоны звездного ветра. Концентрация электронов определяется из условия квазинейтральности плазмы, а уравнение движения электронной жидкости в приближении МГД играет роль закона Ома и учитывается в уравнении индукции при определении самосогласованного электрического поля.

Граничные условия на фотометрическом радиусе задавались на основе результатов расчетов, проведенных в рамках одномерных аэрономических моделей с учетом надтепловых частиц [1, 2]. Из аэрономических расчетов следует, что в верхней атмосфере горячего юпитера под воздействием жесткого излучения звезды формируется планетный ветер, который определяет темп потери массы $\dot{M}_a \approx 10^9$ г/с. Отсюда можно найти скорость истечения атмосферы на фотометрическом радиусе. Отметим, что эта скорость оказывается достаточно малой (порядка 50 см/с) и поэтому в рамках рассматриваемой модели не приводит к заметному отклонению от условия гидростатического равновесия. Внутри атмосферы в начальный момент времени задавалась радиальная скорость (планетный ветер) с помощью соотношения $r^2 \rho v_r = \text{const}$, выражающего закон сохранения массы, где константа определяется граничными условиями на фотометрическом радиусе.

Для повышения пространственного разрешения в области атмосферы планеты использовалась сетка, экспоненциально сгущающаяся по радиальной координате к центру планеты. Для угловых переменных θ и ϕ использовалась однородная сетка. Характерная толщина ячейки на фотометрическом радиусе R_{pl} планеты составляла величину $0.005 R_{\text{pl}}$. Этого оказывалось вполне достаточно для численной реализации условия гидростатического равновесия. Поэтому в приводимых ниже расчетах не использовались никакие процедуры релаксации в атмосфере, чтобы загасить возникающие в ней возмущения. Такие процедуры (см., напр., [18]) применялись нами во всех расчетах, проводимых ранее с использованием декартовых координат. В рамках новой численной модели, основанной на использовании сферических координат, структура атмосферы моделировалась самосогласованно.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

В качестве примера приведем результаты расчета структуры течения в окрестности горячего юпитера HD 209458b. Планета имеет массу $M_{\text{pl}} = 0.71 M_J$ и

фотометрический радиус $R_{\text{pl}} = 1.38 R_J$, где M_J и R_J — масса и радиус Юпитера. Родительская звезда относится к спектральному классу G0 и характеризуется следующими параметрами: масса $M_{\text{st}} = 1.1 M_{\odot}$, радиус $R_{\text{st}} = 1.2 R_{\odot}$, период собственного вращения $P_{\text{rot}} = 14.4^d$. Большая полуось орбиты планеты $A = 10.2 R_{\odot}$, что соответствует периоду обращения вокруг звезды $P_{\text{orb}} = 84.6$ ч.

Температура атмосферы задавалась равной 7500 К, а полная концентрация частиц на фотометрическом радиусе 10^{11} см $^{-3}$. Химический состав атмосферы определялся значением $\chi = 0.05$, что соответствует массовому содержанию водорода 0.83 и гелия 0.17. Степени диссоциации молекулярного водорода, ионизации атомарного водорода и ионизации атомарного гелия задавались равными 0.25, 0.75 и 0.25 соответственно. Химические реакции, а также реакции ионизации, рекомбинации и диссоциации не учитывались. Следовательно, как и в работе [46], все компоненты плазмы рассматривались в качестве пассивных примесей, переносимых вместе с веществом.

Предполагалось, что величина магнитного момента μ_{pl} планеты составляет 0.1 от магнитного момента Юпитера. При этом ось магнитного диполя была наклонена на угол 30° к оси вращения, а угол с направлением на центр звезды составлял 130° . Среднее магнитное поле на поверхности звезды задавалось равным 0.01 Гс. Такое значение соответствует сверххальфеновскому режиму обтекания планеты звездным ветром, при котором формируется протяженная оболочка квазиоткрытого типа (модель “3” из статьи [46]).

Сферическая система координат выбиралась таким образом, чтобы ее центр совпадал с центром планеты. Расчеты проводились для следующих параметров тернарной сферической сетки: $N_r = 256$, $n_\theta = 32$, $n_\phi = 64$. По радиальной координате шаг сетки задавался неравномерно. Минимальный шаг $\Delta r_{\text{min}} = 0.005 R_{\text{pl}}$ достигался на внутренней границе, совпадающей с фотометрическим радиусом горячего юпитера. В параллельной программе использовалось 32 радиальных слоя. Расчет проводился с использованием 96 процессоров. Отметим, что использование сферической сетки в данном расчете позволило достичь пространственного разрешения вблизи планеты в 10 раз лучше, чем, например, в расчетах из работы [38], где было задействовано порядка 1000 процессоров.

Результаты моделирования демонстрируют рис. 3 и 4. На этих рисунках представлены распределения плотности (цвет, изолинии), скорости (стрелки) и магнитного поля (сплошные линии) в

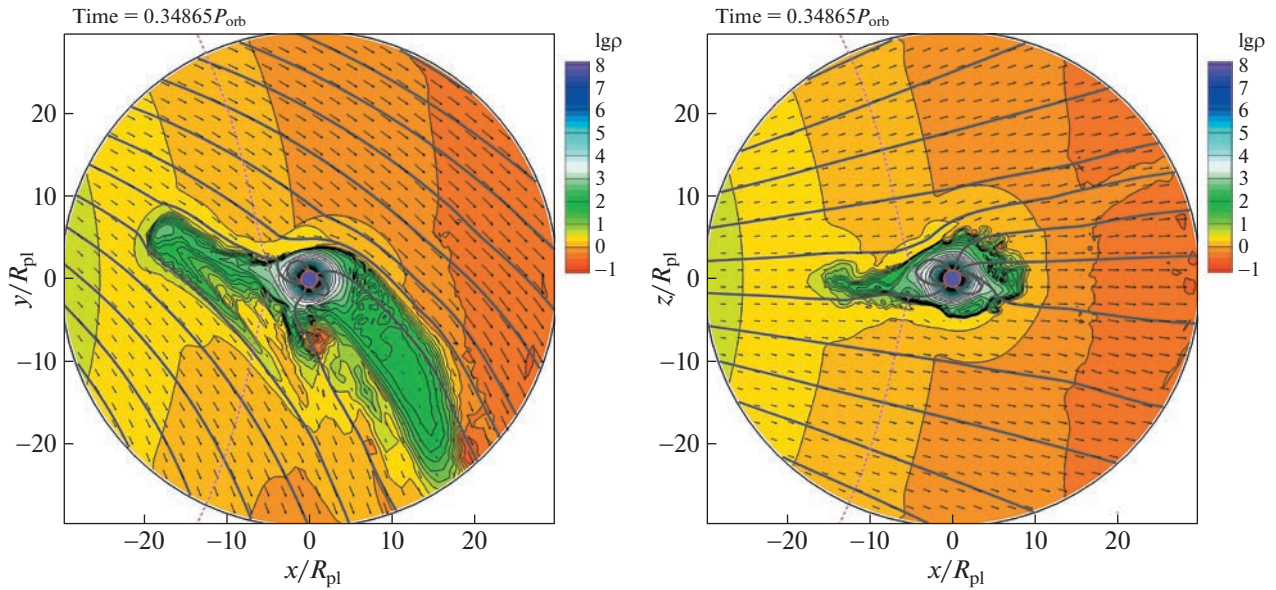


Рис. 3. Распределения плотности (цвет, изолинии), скорости (стрелки) и магнитного поля (линии) в орбитальной xy (слева) и вертикальной xz (справа) плоскостях на момент времени, примерно равный трети орбитального периода. Плотность выражена в единицах ρ_w . Пунктирная линия показывает границу полости Роша. Красный кружок соответствует фотометрическому радиусу планеты.

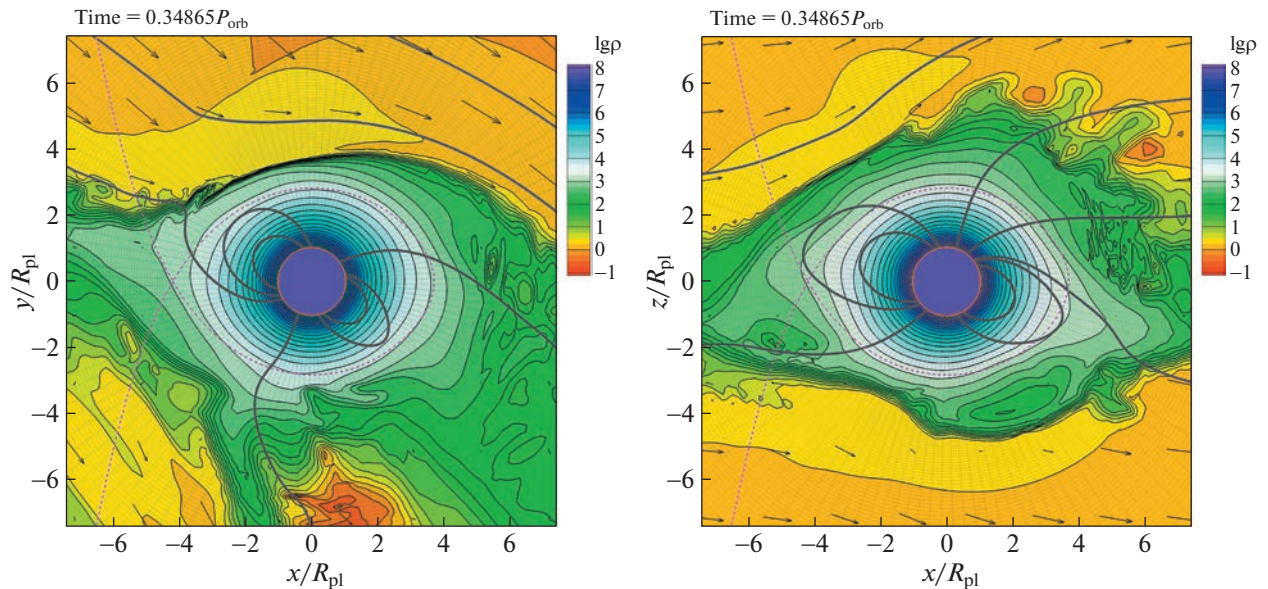


Рис. 4. То же, что и на рис. 3, но в увеличенном масштабе вблизи планеты. Показана структура расчетной сетки.

орбитальной xy (левые панели) и вертикальной xz (правые панели) плоскостях. Плотность выражена в единицах плотности ветра в окрестности планеты, $\rho_w = 2.3 \times 10^{-21}$ г/см³. Граница полости Роша показана пунктирной линией. Планета расположена в центре расчетной области. Полученное решение соответствует моменту времени порядка трети орбитального периода от начала сче-

та. В течение этого промежутка времени происходит формирование устойчивой квазистационарной структуры. На рис. 3 представлена общая картина течения, а на рис. 4 более подробно показана область вблизи планеты.

В результате обтекания звездным ветром на ночной стороне планеты формируется широкий (порядка нескольких радиусов планеты) водород-

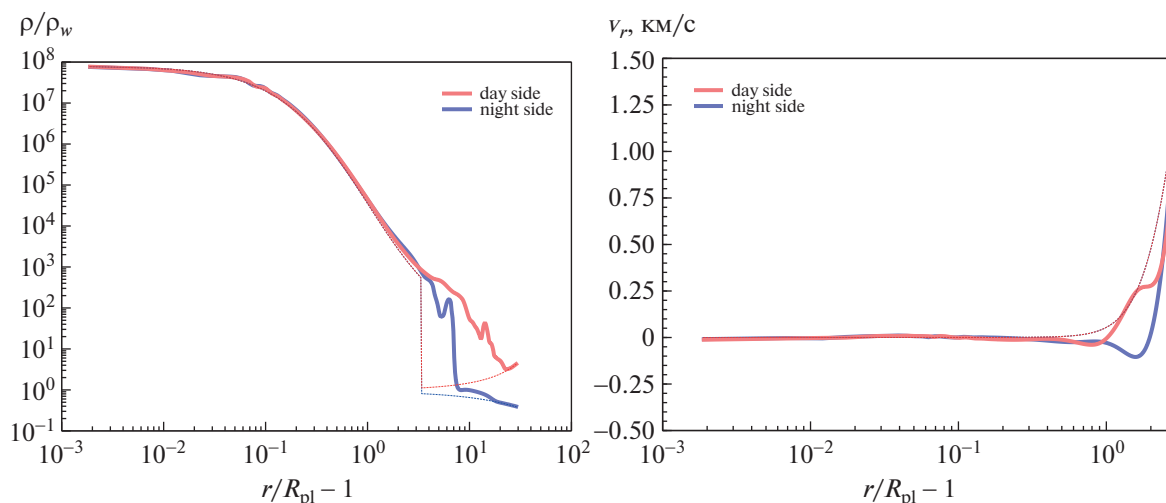


Рис. 5. Радиальные профили плотности (слева) и скорости (справа) вдоль оси x (красный цвет — в направлении на звезду, синий цвет — в направлении от звезды). Жирные линии показывают профили через половину орбитального периода от начала счета. Пунктирные линии показывают начальные профили.

но-гелиевый турбулентный шлейф. Взаимодействие звездного ветра с оболочкой горячего юпитера приводит к возникновению отошедшей ударной волны. На дневной стороне формируется мощный поток вещества из окрестности внутренней точки Лагранжа L_1 . Этот поток направлен в сторону звезды и движется против ветра под действием ее гравитации. Вдоль поверхности струи развивается неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Величина потока имеет не слишком большую интенсивность и поэтому струя в значительной степени отклоняется и запирается звездным ветром. В результате происходит формирование протяженной оболочки квазизоткрытого типа. Полученное решение хорошо согласуется с аналогичным решением [46] для случая декартовой сетки. Следует обратить внимание на то, что решение на тернарной сферической сетке (см. рис. 4) является гладким и не содержит численных артефактов ни вдоль полярной оси, ни на границах секторов.

На рис. 5 показаны радиальные профили плотности (левая панель) и радиального компонента скорости v_r (правая панель). Красный цвет соответствует дневной стороне (направление на звезду), а синий цвет — ночной стороне (направление от звезды). Пунктирными линиями показаны начальные профили, а жирными линиями — профили, полученные на момент времени, равный половине орбитального периода от начала счета. Следует обратить внимание, что абсцисса определяет высоту над поверхностью планеты ($r = R_{pl}$), выраженную в фотометрических радиусах. Нулевое значение абсциссы соответствует расстоянию в один фотометрический радиус от

центра планеты, а высоте, равной R_{pl} , соответствует расстояние от центра в два фотометрических радиуса. Взаимодействие со звездным ветром приводит к возникновению возмущений во внутренних частях атмосферы. Однако они незначительны и не разрушают гидростатическое равновесие. Скорость вещества внутри атмосферы всюду остается близкой к нулю за исключением самых поверхностных слоев. Отсюда можно сделать вывод, что пространственного разрешения сетки оказывается вполне достаточно для самосогласованного расчета структуры атмосферы горячего юпитера, чего невозможно было реализовать ранее в расчетах на декартовых сетках. Это позволяет в дальнейшем использовать новую модель, основанную на тернарной сферической сетке, в том числе и для трехмерных астрономических расчетов.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для исследования процесса обтекания горячей экзопланеты звездным ветром разработан новый трехмерный численный код в сферических координатах. Известно, что глобальная сферическая система координат содержит особенность на полярной оси, где азимутальный угол становится неопределенным. Эта особенность неминуемо проявляется во всех численных моделях, использующих глобальные сферические координаты, приводя к искажению решения в окрестности полюсов. В данном подходе рассматривается численная модель, основанная на композитной сферической сетке, состоящей из трех одинаковых секторов (тернарная сферическая сетка). Достоинствами этой сетки являются одинаковая кон-

фигурация областей, небольшое их количество, достаточно короткие границы и простые законы преобразования координат между областями.

Численная модель многокомпонентной магнитной гидродинамики, разработанная ранее для декартовых координат [46], полностью перенесена в новую модель. Новый трехмерный численный код распараллелен, протестирован и показывает высокую вычислительную эффективность. В работе представлены результаты расчета структуры протяженной оболочки квазиоткрытого типа для случая сверхальфвеновского обтекания горячего юпитера. Полученное решение хорошо согласуется с аналогичным решением для случая декартовой сетки. При этом распределение величин на тернарной сферической сетке не содержит никаких численных особенностей как вдоль полярной оси, так и на границах секторов.

Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод, что пространственного разрешения сферической сетки оказывается вполне достаточно для численной реализации условия гидростатического равновесия во внутренних частях верхней атмосферы. Заметим, что это условие невозможно было реализовать ранее в расчетах на декартовых сетках. Это позволяет в дальнейшем использовать новую модель, основанную на тернарной сферической сетке, в том числе и для трехмерных аэрономических расчетов.

Приложение А

УРАВНЕНИЯ В СФЕРИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ

Запишем в консервативной форме уравнения многокомпонентной магнитной гидродинамики в сферических координатах. Физические источники в уравнениях при этом будем опускать, поскольку нас интересует построение годуновской разностной схемы. Уравнения для плотности, энергии и массовых долей компонентов имеют следующий вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \rho v_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \rho v_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} (\sin \theta \rho v_\varphi) = 0, \quad (\text{A1})$$

$$\frac{\partial E_T}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 q_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta q_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} (\sin \theta q_\varphi) = 0, \quad (\text{A2})$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \xi_s) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \rho \xi_s v_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \rho \xi_s v_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} (\sin \theta \rho \xi_s v_\varphi) = 0. \quad (\text{A3})$$

Здесь ρ — плотность вещества, $\mathbf{v} = (v_r, v_\theta, v_\varphi)$ — вектор скорости, ξ_s — массовая доля компонента с номером s . Плотность полной энергии

$$E_T = \rho \left(\varepsilon + \frac{\mathbf{v}^2}{2} \right) + \frac{\mathbf{b}^2}{2}, \quad (\text{A4})$$

где ε — удельная внутренняя энергия, $\mathbf{b}$ — возмущение магнитного поля. Полное магнитное поле определяется выражением $\mathbf{B} = \mathbf{H} + \mathbf{b}$, где $\mathbf{H}$ — фоновое магнитное поле, задаваемое в численной модели отдельно. Вектор $\mathbf{q} = (q_r, q_\theta, q_\varphi)$ представляет собой плотность потока энергии

$$\mathbf{q} = \mathbf{v} (E_T + P_T) - \mathbf{b} (\mathbf{v} \cdot \mathbf{b}), \quad (\text{A5})$$

где полное давление,

$$P_T = P + \frac{\mathbf{b}^2}{2}, \quad (\text{A6})$$

определяется суммой газового давления P и магнитного давления.

Уравнения движения можно записать в виде

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho v_r) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \Pi_{rr}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \Pi_{\theta r}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Pi_{\varphi r}}{\partial \varphi} = \frac{1}{r} (\Pi_{\theta \theta} + \Pi_{\varphi \varphi}), \quad (\text{A7})$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho v_\theta) + \frac{1}{r^3} \frac{\partial}{\partial r} (r^3 \Pi_{r\theta}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \Pi_{\theta \theta}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Pi_{\varphi \theta}}{\partial \varphi} = \frac{\cot \theta}{r} \Pi_{\varphi \varphi}, \quad (\text{A8})$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho v_\varphi) + \frac{1}{r^3} \frac{\partial}{\partial r} (r^3 \Pi_{r\varphi}) + \frac{1}{r \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin^2 \theta \Pi_{\theta \varphi}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Pi_{\varphi \varphi}}{\partial \varphi} = 0, \quad (\text{A9})$$

где компоненты тензора плотности потока импульса определяются выражением

$$\Pi_{ik} = \rho v_i v_k + P_T \delta_{ik} - b_i b_k, \quad (\text{A10})$$

а через δ_{ik} обозначен символ Кронекера. В этих уравнениях некоторые геометрические источники внесены в пространственные производные. В результате, например, в уравнении (A9) для азимутальной скорости v_φ геометрические источники исчезли. Поэтому в соответствующей разностной схеме закон сохранения углового момента будет выполняться автоматически.

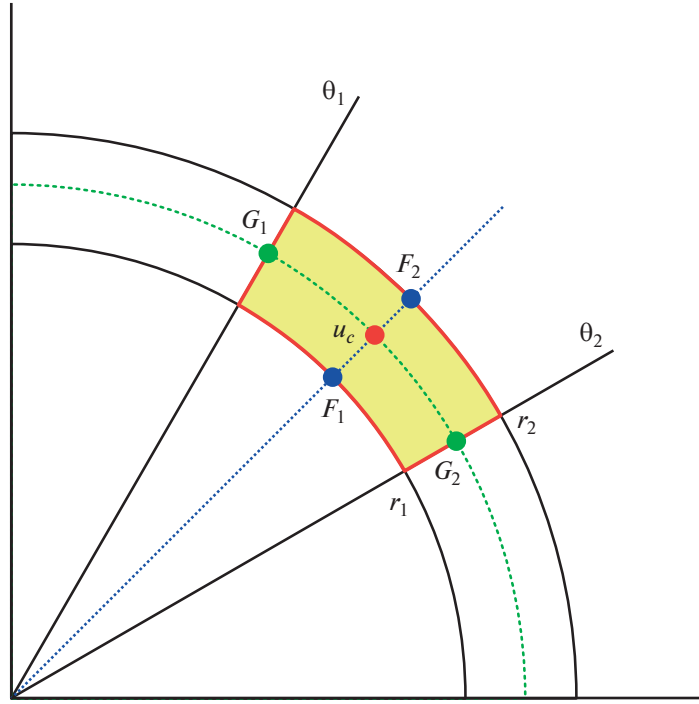


Рис. 6. Проекция конечного (контрольного) объема в меридиональной плоскости $\varphi = \text{const}$.

Уравнения индукции в сферических координатах могут быть записаны в виде:

$$\frac{\partial b_r}{\partial t} + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta F_{\theta r}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial F_{\varphi r}}{\partial \varphi} = 0, \quad (\text{A11})$$

$$\frac{\partial b_\theta}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r F_{r\theta}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial F_{\varphi \theta}}{\partial \varphi} = 0, \quad (\text{A12})$$

$$\frac{\partial b_\varphi}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r F_{r\varphi}) + \frac{1}{r} \frac{\partial F_{\theta \varphi}}{\partial \theta} = 0, \quad (\text{A13})$$

где тензор

$$F_{ik} = v_i b_k - v_k b_i. \quad (\text{A14})$$

Заметим, что при записи уравнений использована удобная для численного моделирования система единиц, в которой множитель 4π в выражении для электромагнитной силы не возникает.

стве переменных величин. Базовая схема строится на основе метода конечного (контрольного) объема (см., напр., [62]). Проекция контрольного объема на произвольную меридиональную плоскость $\varphi = \text{const}$ изображена на рис. 6. Сам объем представляет собой трехмерную фигуру в пространстве.

Объем ячейки с номером c определяется выражением

$$\Delta V = \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi r^2 \sin \theta = r_c \bar{r} \sin \theta_c \Delta r \Delta \theta \Delta \varphi. \quad (\text{B1})$$

Здесь индексами 1 и 2 условно обозначены левая и правая границы ячейки по координатам r , θ и φ . Для обозначений арифметических средних используется черта сверху. Например,

$$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2}{2}. \quad (\text{B2})$$

Дополнительные средние величины определяются выражениями

$$r_c = \frac{2r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2}{3r_1 + r_2}, \quad (\text{B3})$$

$$\sin \theta_c = -\frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{2}{\Delta \theta} \sin \left(\frac{\Delta \theta}{2} \right) \sin \bar{\theta}. \quad (\text{B4})$$

Приложение В МЕТОД КОНЕЧНОГО ОБЪЕМА

Введем в расчетной области разностную сетку, структура которой определяется массивом узлов $(r_i, \theta_j, \varphi_k)$. Расчетные сеточные величины будем относить к ячейкам $c = (i + 1/2, j + 1/2, k + 1/2)$, которые нумеруются полуцелыми индексами.

Значения величин в момент времени t^n внутри ячеек считаются постоянными. Геометрические факторы при этом будем рассматривать в каче-

Рассмотрим применение метода конечного объема к уравнению следующего вида:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 F) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta G) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial H}{\partial \varphi} = R, \quad (\text{B5})$$

где $u(r, \theta, \varphi, t)$ — неизвестная функция, F , G , H — потоки в координатных направлениях r , θ , φ , а R — функция источников. По своему виду оно соответствует уравнению непрерывности (A1), но учитывает в правой части наличие локальных источников. Поскольку внутри объема физические величины считаются постоянными, то потоки F , G и H на соответствующих границах также следует считать постоянными. Чтобы избавиться от коэффициентов при пространственных производных, умножим обе части уравнения (B5) на $r^2 \sin \theta$. Приходим к следующему уравнению:

$$r^2 \sin \theta \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sin \theta F) + \frac{\partial}{\partial \theta} (r \sin \theta G) + \frac{\partial}{\partial \varphi} (r H) = r^2 \sin \theta R. \quad (\text{B6})$$

Проинтегрируем это уравнение по времени t на интервале от t^n до t^{n+1} , а также по координатам $r_1 \leq r \leq r_2$, $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ и $\varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2$. Имеем:

$$\int_{t^n}^{t^{n+1}} dt \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi r^2 \sin \theta \frac{\partial u}{\partial t} = r_c \bar{r} \sin \theta_c \Delta r \Delta \theta \Delta \varphi (u_c^{n+1} - u_c^n), \quad (\text{B7})$$

$$\int_{t^n}^{t^{n+1}} dt \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sin \theta F) = \Delta t \sin \theta_c \Delta \theta \Delta \varphi \Delta_r [r^2 F], \quad (\text{B8})$$

$$\int_{t^n}^{t^{n+1}} dt \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \frac{\partial}{\partial \theta} (r \sin \theta G) = \Delta t \bar{r} \Delta r \Delta \varphi \Delta_\theta [\sin \theta G], \quad (\text{B9})$$

$$\int_{t^n}^{t^{n+1}} dt \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \frac{\partial}{\partial \varphi} (r H) = \Delta t \bar{r} \Delta r \Delta \theta \Delta_\varphi [H], \quad (\text{B10})$$

$$\int_{t^n}^{t^{n+1}} dt \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi r^2 \sin \theta R = \Delta t r_c \bar{r} \sin \theta_c \Delta r \Delta \theta \Delta \varphi R_c^n. \quad (\text{B11})$$

Потоки через границы ячеек в (B8)–(B10) определены с помощью правила усреднения по времени. Операторы Δ_r , Δ_θ и Δ_φ определяют разности величин на границах ячеек в соответствующих

координатных направлениях. Например, $\Delta_r[F] = F_2 - F_1$, $\Delta_\theta[G] = G_2 - G_1$ и т.д. При получении выражения (B11) считалось, что функция источника R определяется только физическими величинами и, следовательно, является постоянной внутри контрольного объема. Если же эта функция содержит геометрические факторы, то этот интеграл необходимо вычислять более корректным образом.

Собирая результаты интегрирования, приходим к соотношению баланса (интегральный закон сохранения):

$$r_c \bar{r} \sin \theta_c \Delta r \Delta \theta \Delta \varphi (u_c^{n+1} - u_c^n) + \Delta t \sin \theta_c \Delta \theta \Delta \varphi \Delta_r [r^2 F] + \Delta t \bar{r} \Delta r \Delta \varphi \Delta_\theta [\sin \theta G] + \Delta t \bar{r} \Delta r \Delta \theta \Delta_\varphi [H] = \Delta t r_c \bar{r} \sin \theta_c \Delta r \Delta \theta \Delta \varphi R_c^n. \quad (\text{B12})$$

Делим обе части на $\Delta V \Delta t$ и приходим к следующей разностной схеме:

$$\frac{u_c^{n+1} - u_c^n}{\Delta t} + \frac{\Delta_r [r^2 F]}{r_c \bar{r} \Delta r} + \frac{\Delta_\theta [\sin \theta G]}{r_c \sin \theta_c \Delta \theta} + \frac{\Delta_\varphi [H]}{r_c \sin \theta_c \Delta \varphi} = R_c. \quad (\text{B13})$$

Полученная схема обладает свойством консервативности. В разностной схеме годуновского типа потоки вычисляются на основе решения задачи Римана о распаде произвольного разрыва. В данном случае разностная схема Роу-Эйнфельда-Ошера имеет первый порядок аппроксимации по времени [63]. Поэтому без потери точности функции источников можно вычислять в момент времени t^n . К виду (B13) приводятся разностные схемы для уравнения непрерывности (A1), энергии (A2), массовых долей компонентов (A3), уравнение (A7) для радиальной скорости v_r , а также уравнение индукции (A11) для радиального компонента поля b_r .

При выводе разностной схемы (B13) считалось, что функции внутри ячейки являются постоянными. Однако функция источника R может содержать геометрические факторы. В этом случае соответствующий интеграл необходимо вычислять более корректным образом. Рассмотрим в качестве примера функцию вида $R = 2P/r$. Такая функция в сферическом случае возникает в уравнении движения (A7) для радиального ком-

понента скорости v_r . В этом случае можно получить

$$\int_{t^n}^{t^{n+1}} dt \int_{r_1}^{r_2} dr \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi r^2 \sin \theta \frac{2P}{r} = 2\Delta t \bar{r} \sin \theta_c \Delta r \Delta \theta \Delta \varphi P_c. \quad (B14)$$

После деления на $\Delta V \Delta t$ находим:

$$R_c = \frac{2P_c}{r_c}. \quad (B15)$$

Это выражение, в частности, позволяет в точности скомпенсировать силы давления в случае однородной среды. В самом деле, оставляя в схеме (B13) для радиального компонента уравнения движения (A7) только члены с давлением, имеем

$$\frac{r_2^2 P_2 - r_1^2 P_1}{r_c \bar{r} \Delta r} = \frac{2P_c}{r_c}. \quad (B16)$$

В однородной среде должно быть $P_1 = P_2 = P_c$ и это соотношение удовлетворяется тождественно.

Оставшиеся уравнения могут быть аппроксимированы аналогичным способом. Выпишем окончательные схемы без вывода:

$$\begin{aligned} \frac{(\rho v_\theta)_c^{n+1} - (\rho v_\theta)_c^n}{\Delta t} + \frac{\Delta_r [r^3 \Pi_{r\theta}]}{r^2 \bar{r} \Delta r} + \frac{r_c \Delta_\theta [\sin \theta \Pi_{\theta\theta}]}{r^2 \sin \theta_c \Delta \theta} + \\ + \frac{r_c \Delta_\varphi [\Pi_{\varphi\theta}]}{r^2 \sin \theta_c \Delta \varphi} = \frac{r_c \operatorname{ctg} \bar{\theta}}{r^2} \Pi_{\varphi\varphi,c}, \end{aligned} \quad (B17)$$

$$\begin{aligned} \frac{(\rho v_\varphi)_c^{n+1} - (\rho v_\varphi)_c^n}{\Delta t} + \frac{\Delta_r [r^3 \Pi_{r\varphi}]}{r^2 \bar{r} \Delta r} + \\ + \frac{r_c \Delta_\theta [\sin^2 \theta \Pi_{\theta\varphi}]}{r^2 \langle \sin^2 \theta \rangle \Delta \theta} + \frac{r_c \sin \theta_c \Delta_\varphi [\Pi_{\varphi\varphi}]}{r^2 \langle \sin^2 \theta \rangle \Delta \varphi} = 0, \end{aligned} \quad (B18)$$

$$\frac{b_{\theta,c}^{n+1} - b_{\theta,c}^n}{\Delta t} + \frac{\Delta_r [r F_{r\theta}]}{\bar{r} \Delta r} + \frac{\Delta_\varphi [F_{\varphi\theta}]}{\bar{r} \sin \theta_c \Delta \varphi} = 0, \quad (B19)$$

$$\frac{b_{\varphi,c}^{n+1} - b_{\varphi,c}^n}{\Delta t} + \frac{\Delta_r [r F_{r\varphi}]}{\bar{r} \Delta r} + \frac{\Delta_\theta [F_{\theta\varphi}]}{\bar{r} \Delta \theta} = 0. \quad (B20)$$

Здесь обозначено

$$\begin{aligned} \langle \sin^2 \theta \rangle &= \frac{1}{\Delta \theta} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta d\theta = \frac{1}{2} (1 - \chi) + \chi \sin^2 \bar{\theta}, \\ \chi &= \frac{\sin \Delta \theta}{\Delta \theta}. \end{aligned} \quad (B21)$$

ТЕСТОВЫЕ РАСЧЕТЫ

В тестовом расчете проводилось численное моделирование задачи об объемно распределенном взрыве в однородном магнитном поле. Начальные условия соответствуют ситуации, когда в объеме сферического облака радиусом $R = 2$ давление мгновенно возрастает в 10 раз по сравнению с давлением во внешней среде. В результате такого взрыва вещество облака начинает разлетаться во внешнюю среду. В начальный момент времени рассматривалось покоящееся (скорость $\mathbf{v} = 0$) вещество в однородном магнитном поле $B_x = 1/4$, $B_y = \sqrt{3}/4$, $B_z = 0$. Плотность и давление внутри облака задавались равными $\rho = 1$ и $P = 1$, а во внешней области $\rho = 0.125$, $P = 0.1$. Показатель адиабаты $\gamma = 5/3$. Рассматривалась двухкомпонентная смесь, состоящая из ионов водорода H^+ и гелия He^+ . При этом считалось, что в начальный момент времени вещество облака состоит только из ионов гелия, а внешнее вещество — только из ионов водорода.

Расчет проводился в области $1 \leq r \leq 5$ на тернарной сферической сетке с числом ячеек $N_r = 128$, $n_\theta = 32$, $n_\varphi = 64$. На внутренней границе $r = 1$ задавались свободные граничные условия. В параллельной программе использовалось 2 радиальных слоя, что соответствует числу процессов $P = 6$. При вычислении граничных значений для сшивки секторов тернарной сетки применялась бикубическая интерполяция МГД величин. Использовалась разностная схема Роу-Эйнфельдта-Ошера, имеющая третий порядок аппроксимации по пространству. Поэтому в случае бикубической интерполяции порядок малости численных ошибок, обусловленных сшивкой секторов композитной сферической сетки, оказывается не меньше порядка аппроксимации основной схемы.

Результаты расчета тестовой задачи на момент времени $t = 0.5$ представлены на рис. 7, на котором показаны распределения плотности (цвет, изолинии), скорости (стрелки) и магнитного поля (линии). Как видно из рисунка, структура течения определяется сложной системой распространяющихся наружу сильных МГД разрывов (быстрая и медленная ударные волны, контактный разрыв), а также распространяющимися к центру быстрой и медленной МГД волнами разрежения. Наличие магнитного поля приводит к тому, что формируется анизотропная картина течения. В частности, контактная граница вдоль магнитного поля распространяется быстрее по сравнению с направлением поперек поля. В результате первоначально симметричное гелиевое

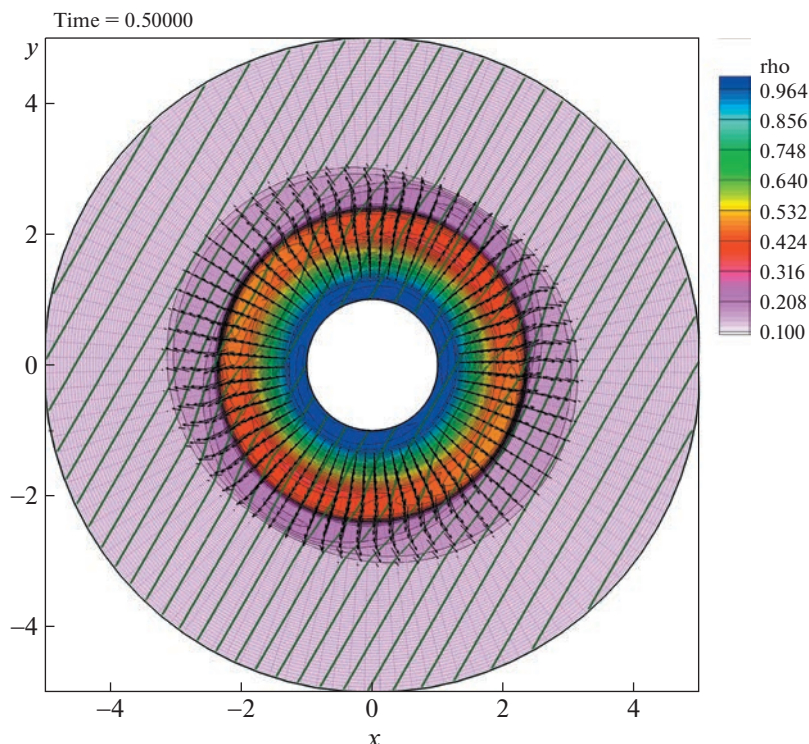


Рис. 7. Результаты тестового расчета задачи об объемно распределенном взрыве в однородном магнитного поле. На момент времени $t = 0.5$ показаны распределения в плоскости xy плотности (цвет, изолинии), скорости (стрелки) и магнитного поля (линии).

облако становится вытянутым вдоль магнитных силовых линий.

Анализ рисунка позволяет заключить, что использованная нами разностная схема довольно хорошо аппроксимирует все типы бегущих волн. Кроме того, можно отметить, что наличие границ между секторами в тернарной сферической сетке в полученном распределении величин практически никак не проявляются.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 22-12-00364).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Д.В. Бисикало за полезные обсуждения. Работа была выполнена с использованием вычислительных средств МСЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. D. V. Bisikalo, V. I. Shematovich, P. V. Kaygorodov, and A. G. Zhilkin, *Physics Uspekhi* **64**(8), 747 (2021).
2. D. V. Bisikalo, V. I. Shematovich, P. V. Kaigorodov, and A. G. Zhilkin, *Gaseous Envelopes of Exoplanets – Hot Jupiters* (Moscow: Nauka, 2020) [in Russian].
3. M. Mayor and D. Queloz, *Nature* **378**, 355 (1995).
4. D. Lai, C. Helling, and E. P. J. van den Heuvel, *Astrophys. J.* **721**, 923 (2010).
5. S.-L. Li, N. Miller, D. N. C. Lin, and J. J. Fortney, *Nature* **463**, 1054 (2010).
6. A. Vidal-Madjar, A. Lecavelier des Etangs, J.-M. Desert, G. E. Ballester, et al., *Nature* **422**, 143 (2003).
7. Vidal-Madjar, J.-M. Desert, A. Lecavelier des Etangs, G. Hebrard, et al., *Astrophys. J.* **604**, L69 (2004).
8. L. Ben-Jaffel, *Astrophys. J.* **671**, L61 (2007).
9. A. Vidal-Madjar, A. Lecavelier des Etangs, J.-M. Desert, G. E. Ballester, et al., *Astrophys. J.* **676**, L57 (2008).
10. L. Ben-Jaffel and S. Sona Hosseini, *Astrophys. J.* **709**, 1284 (2010).
11. J. L. Linsky, H. Yang, K. France, C. S. Froning, et al., *Astrophys. J.* **717**, 1291 (2010).
12. A. Lecavelier des Etangs, V. Bourrier, P. J. Wheatley, H. Dupuy, et al., *Astron. and Astrophys.* **543**, id. L4 (2012).
13. R. V. Yelle, *Icarus* **170**, 167 (2004).
14. A. Garcia Munoz, *Planet. Space Sci.* **55**, 1426 (2007).
15. R. A. Murray-Clay, E. I. Chiang, and N. Murray, *Astrophys. J.* **693**, 23 (2009).
16. T. T. Koskinen, M. J. Harris, R. V. Yelle, and P. Lavvas, *Icarus* **226**, 1678 (2013).
17. D. E. Ionov, V. I. Shematovich, and Ya. N. Pavlyuchenkov, *Astron. Rep.* **61**, 387 (2017).

18. *D. V. Bisikalo, P. V. Kaigorodov, D. E. Ionov, and V. I. Shematovich*, *Astron. Rep.* **57**, 715 (2013).
19. *A. A. Cherenkov, D. V. Bisikalo, and P. V. Kaigorodov*, *Astron. Rep.* **58**, 679 (2014).
20. *D. V. Bisikalo and A. A. Cherenkov*, *Astron. Rep.* **60**, 183 (2016).
21. *A. Cherenkov, D. Bisikalo, L. Fossati, and C. Möstl*, *Astrophys. J.* **846**, 31 (2017).
22. *A. A. Cherenkov, D. V. Bisikalo, and A. G. Kosovichev*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **475**, 605 (2018).
23. *D. V. Bisikalo, A. A. Cherenkov, V. I. Shematovich, L. Fossati, and C. Möstl*, *Astron. Rep.* **62**, 648 (2018).
24. *I. F. Shaikhislamov, M. L. Khodachenko, H. Lammer, K. G. Kislyakova, et al.*, *Astrophys. J.* **832**, 173 (2016).
25. *M. L. Khodachenko, I. F. Shaikhislamov, H. Lammer, K. G. Kislyakova, et al.*, *Astrophys. J.* **847**, 126 (2017).
26. *I. F. Shaikhislamov, M. L. Khodachenko, H. Lammer, A. G. Berezutsky, I. B. Miroshnichenko, and M. S. Rumenskikh*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **481**, 5315 (2018).
27. *M. L. Khodachenko, I. F. Shaikhislamov, H. Lammer, A. G. Berezutsky, I. B. Miroshnichenko, M. S. Rumenskikh, K. G. Kislyakova, and N. K. Dwivedi*, *Astrophys. J.* **885**, 67 (2019).
28. *I. F. Shaikhislamov, M. L. Khodachenko, H. Lammer, A. G. Berezutsky, I. B. Miroshnichenko, and M. S. Rumenskikh*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **491**, 3435 (2020).
29. *K. G. Kislyakova, M. Holmström, H. Lammer, P. Odert, and M. L. Khodachenko*, *Science* **346**, 981 (2014).
30. *T. T. Koskinen, J. Y.-K. Cho, N. Achilleos, and A. D. Aylward*, *Astrophys. J.* **722**, 178 (2010).
31. *T. T. Koskinen, R. V. Yelle, P. Lavvas, and N. K. Lewis*, *Astrophys. J.* **723**, 116 (2010).
32. *G. B. Trammell, P. Arras, and Z.-Y. Li*, *Astrophys. J.* **728**, id. 152 (2011).
33. *I. F. Shaikhislamov, M. L. Khodachenko, Y. L. Sasunov, H. Lammer, et al.*, *Astrophys. J.* **795**, 132 (2014).
34. *M. L. Khodachenko, I. F. Shaikhislamov, H. Lammer, and P. A. Prokhopov*, *Astrophys. J.* **813**, 50 (2015).
35. *G. B. Trammell, Z.-Y. Li, and P. Arras*, *Astrophys. J.* **788**, id. 161 (2014).
36. *T. Matsakos, A. Uribe, and A. Königl*, *Astron. and Astrophys.* **578**, id. A6 (2015).
37. *M. L. Khodachenko, I. F. Shaikhislamov, H. Lammer, I. B. Miroshnichenko, M. S. Rumenskikh, A. G. Berezutsky, and L. Fossati*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **507**, 3626 (2021).
38. *A. S. Arakcheev, A. G. Zhilkin, P. V. Kaigorodov, D. V. Bisikalo, and A. G. Kosovichev*, *Astron. Rep.* **61**, 932 (2017).
39. *D. V. Bisikalo, A. S. Arakcheev, and P. V. Kaigorodov*, *Astron. Rep.* **61**, 925 (2017).
40. *A. G. Zhilkin and D. V. Bisikalo*, *Astron. Rep.* **63**, 550 (2019).
41. *A. G. Zhilkin, D. V. Bisikalo, and P. V. Kaigorodov*, *Astron. Rep.* **64**, 159 (2020).
42. *A. G. Zhilkin, D. V. Bisikalo, and P. V. Kaigorodov*, *Astron. Rep.* **64**, 259 (2020).
43. *A. G. Zhilkin and D. V. Bisikalo*, *Astron. Rep.* **64**, 563 (2020).
44. *A. G. Zhilkin, D. V. Bisikalo, and E. A. Kolymagina*, *Astron. Rep.* **65**, 676 (2021).
45. *А. Г. Жилкин, Д. В. Бисикало*, *Астрон. журн.* **99**, 970 (2022).
46. *A. G. Zhilkin and D. V. Bisikalo*, *Universe* **7**, 422 (2021).
47. *C. Ronchi, R. Iacono, and P. S. Paolucci*, *J. Comput. Phys.* **124**, 93 (1996).
48. *V. Koldoba, M. M. Romanova, G. V. Ustyugova, and R. V. E. Lovelace*, *Astrophys. J.* **576**, L53 (2002).
49. *L. Ivan, H. De Sterck, S. A. Northrup, and C. P. T. Groth*, *J. Comput. Phys.* **255**, 205 (2013).
50. *G. Chesshire and W. D. Henshaw*, *J. Comput. Phys.* **90**, 1 (1990).
51. *A. V. Usmanov, M. L. Goldstein, and W. H. Matthaeus*, *Astrophys. J.* **754**, id. 40 (2012).
52. *A. Kageyama and T. Sato*, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **5**, 9005 (2004).
53. *X. S. Feng, L. P. Yang, C. Q. Xiang, S. T. Wu, Y. Zhou, and D. Zhong*, *Astrophys. J.* **723**, 300 (2010).
54. *X. Feng, M. Zhang, and Y. Zhou*, *Astrophys. J. Suppl.* **214**, id. 6 (2014).
55. *D. V. Bisikalo, A. G. Zhilkin, and A. A. Boyarchuk*, *Gas Dynamics of Close Binary Stars* (Moscow: Fizmatlit, 2013) [in Russian].
56. *A. G. Zhilkin, D. V. Bisikalo, and A. A. Boyarchuk*, *Physics Uspekhi* **55**, 115 (2012).
57. *T. Tanaka*, *J. Comput. Phys.* **111**, 381 (1994).
58. *K. G. Powell, P. L. Roe, T. J. Linde, T. I. Gombosi, and D. L. de Zeeuw*, *J. Comput. Phys.* **154**, 284 (1999).
59. *A. Dedner, F. Kemm, D. Kroner, C.-D. Munz, T. Schnitzer, and M. Wesenberg*, *J. Comput. Phys.* **175**, 645 (2002).
60. *E. J. Weber and L. Davis, Jr.*, *Astrophys. J.* **148**, 217 (1967).
61. *M. J. Owens and R. J. Forsyth*, *Liv. Rev. Solar Physics* **10**, 5 (2013).
62. *U. Ziegler*, *J. Comput. Phys.* **230**, 1035 (2011).
63. *А. Г. Жилкин, А. В. Соболев, Д. В. Бисикало, М. М. Габдеев*, *Астрон. журн.* **96(9)**, 748 (2019).

НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ СКОРОСТИ АПСИДАЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРОЙНОЙ ЗАТМЕННОЙ СИСТЕМЫ AS CAM

© 2023 г. И. М. Волков*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

*E-mail: hwp@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.10.2022 г.

После доработки 10.12.2022 г.

Принята к публикации 24.01.2023 г.

С помощью нового подхода к измерению скорости апсидального вращения в системе AS Cam ($P = 3.43^d$, $V = 8.58^m$, $e = 0.17$, Sp B7.5 V+B9.0 V) было получено значение $\dot{\omega}_{\text{obs}} = 0.38^\circ/\text{год}$, которое не столь значительно, как более ранние измерения, отличается от теоретического значения при условии синхронизма, $\dot{\omega}_{\text{theor}} = 0.44^\circ/\text{год}$. Прежнее общепринятое значение было в три раза меньше. Уточнены физические параметры компонентов: $T_1 = 12980 \pm 150$ K, $M_1 = 3.21 \pm 0.03 M_\odot$, $R_1 = 2.46 \pm 0.01 R_\odot$, $T_2 = 10850 \pm 100$ K, $M_2 = 2.32 \pm 0.03 M_\odot$, $R_2 = 1.84 \pm 0.01 R_\odot$. Впервые определены надежная орбита и физические параметры невидимого спутника — третьего тела в системе: $P = 2.21$ года, $\omega = 88^\circ$, $e = 0.70$, $M_3 \sin i = 0.97 \pm 0.01 M_\odot$.

Ключевые слова: тройные звездные системы, параметры компонентов системы, апсидальное вращение, AS Cam

DOI: 10.31857/S0004629923040059, **EDN:** UMSWXN

1. ВВЕДЕНИЕ

Звезда AS Cam в течение уже 40 лет привлекает особое внимание исследователей вследствие того, что наблюдаемая в системе скорость апсидального вращения в три раза меньше теоретического значения [1]. Рекордсменом по расхождению теории и наблюдений являлась до недавнего времени звезда DI Her, у которой наблюдаемое значение скорости апсидального вращения было ниже теоретического в четыре раза. При этом в DI Her, казалось, не оставалось места для релятивистского вклада в апсидальное вращение. Для объяснения наблюдаемой картины привлекалось множество гипотез, включая альтернативные эйнштейновской несимметричные теории гравитации, например, работы Моффата [2, 3]. Трудность в опровержении или подтверждении выдвинутой Моффатом гипотезы состояла в том, что как раз две упомянутых выше звезды, DI Her и AS Cam, и служили основой для калибровки его теории [4]. Естественно, что при таком условии теоретические предсказания Моффата совпадали с наблюдаемой скоростью вращения линий апсид. В то же самое время оставалась возможность объяснить наблюдаемое противоречие в рамках классической теории Ньютона, не затрагивая релятивистский вклад во вращение линии апсид.

Были предложены две наиболее вероятные гипотезы.

Первая — это предположение о наличии в системе третьего невидимого компонента, который мог бы влиять на эксцентриситет орбиты двойной. Эта гипотеза была высказана Мартыновым и Халиуллиным в той же работе, в которой они впервые измерили скорость апсидального вращения в DI Her [5]. Если эксцентриситет орбиты меняется, то обычные способы измерения апсидального вращения не годятся. Все они базируются на предположении постоянства эксцентриситета. Развитием гипотезы следует считать последовавшие работы, в которых было определено, что если орбита спутника значительно наклонена к плоскости орбиты двойной системы, то апсидальное вращение будет реально замедляться. Был опубликован ряд работ с численным моделированием, в которых было показано, что при некоторых условиях подобная конфигурация может оказаться устойчивой и замедлять апсидальное вращение до наблюдаемого значения [6–8]. Сложности, связанные с определением угла наклона орбиты третьего тела, не позволили пока что найти тройные системы, полностью удовлетворяющие рассчитанным критериям. Наличие третьего тела в системе должно также менять эксцентриситет и

наклон орбиты двойной системы. Последнее как раз подтверждается, например, фактом исчезновения затмений в системах SS Lac [9], QX Cas [10], а также изменением глубин минимумов в недавно открытых тройных системах DX Vel и RW CrA [11, 12], в которых третий компонент хотя и находится на значительном удалении от затменной системы, но имеет сравнимую с ней массу и вполне может оказывать влияние на параметры орбиты двойной звезды.

Другую гипотезу предложил Шакура [13]. Суть ее в том, что значительный наклон осевого вращения компонентов к орбитальной плоскости может замедлить скорость апсидального вращения. Если оси вращения обоих компонентов DI Her лежат в плоскости орбиты, то теоретическое значение скорости апсидального вращения совпадет с наблюдаемым. Для применения данной гипотезы как для DI Her, так и AS Cam, существовала та сложность, что наблюдаемые в обеих системах $v \sin i$ осевого вращения были близки к условиям синхронизма. Поэтому получалось, что оси вращения должны быть направленными на наблюдателя. Это делало предложенную модель несколько искусственной. К тому же, такая модель противоречила гипотезе образования двойных звезд делением, при которой все моменты должны были бы быть коллинеарными. Как ни странно, но именно это предположение оказалось верным для случая DI Her. Через 24 года после публикации статьи Шакуры было проведено исследование, подтвердившее значительный наклон осей вращения компонентов DI Her к плоскости орбиты [14]. Были получены спектры высокого разрешения во время затмений и по изменению профилей линий сделана оценка величины наклона осей вращения. Наблюдение эффекта Росситера-Маклафлина является упрощенным вариантом данного подхода. Непосредственные измерения данного эффекта Маклафлиным [15] позволили Волкову [16] оценить угол наклона оси вращения главного компонента затменной звезды α CrB к плоскости ее орбиты в 40° и объяснить этим замедление скорости апсидального вращения системы. Особого внимания данная система не привлекла, так как в этом случае расхождение с условием синхронизма было невелико. Тем не менее это было первое наблюдательное подтверждение гипотезы Шакуры.

В работе Павловского и др. [17] была сделана попытка объяснить случай AS Cam этой же гипотезой. Были получены спектры высокого разрешения, из которых следовало отсутствие вращательного уширения линий. Это могло свидетельствовать об ориентации полюсов компонентов на наблюдателя. Эти наблюдения противоречат спектральным наблюдениям Хилдитча [18] и Малони и др. [19], из которых следует, что вращение

компонентов удовлетворяет условию синхронизма. Так как система AS Cam ($R_1/A = 0.15$, $R_2/A = 0.1$) гораздо более тесная, чем DI Her ($R_{1,2}/A = 0.05$), то отсутствие синхронизма в системе вызывает вопросы. Здесь A — большая полуось орбиты. В то же самое время, Козырева и др. [20, 21] показали, что в последовательности моментов минимумов в AS Cam наблюдается небольшое световое уравнение, что можно отнести на счет влияния невидимого спутника. Последовавшие наблюдения других авторов подтвердили найденный эффект [22], хотя и было отмечено, что он находится на пределе обнаружения [17]. В спектральных и фотометрических наблюдениях следов спутника обнаружено не было. Хилдитч [23] при решении своих кривых блеска вручную получил существенную долю третьего света во всех фотометрических полосах наблюдений. Но этот результат не может считаться убедительным, т.к. одновременно в этом решении было получено большее, чем у других авторов, значение угла наклона орбиты. А эти параметры, как известно, сильно связаны: добавляя в решение третий свет, тем самым, увеличиваем угол наклона орбиты к лучу зрения.

Оценка угла наклона орбиты третьего тела AS Cam в 90° , сделанная в работе [8], является ошибочной, так как при вычислении $\sin i$ были перепутаны большая полуось орбиты затменной системы вокруг общего центра масс тройной системы, которая определяется из светового уравнения, и большая полуось орбиты третьего тела, определяемая из третьего закона Кеплера. Для вычисления синуса угла наклона орбиты третьего тела следовало уменьшить большую полуось орбиты третьего тела на фактор отношения массы третьего тела к сумме масс компонентов затменной звезды. Тогда плоскость орбиты третьего тела в данной оценке примерно совпадает с плоскостью орбиты затменной двойной и перпендикулярна картинной плоскости. Исследование Ходыкина и др. [8] проводилось в предположении солнечной массы третьего тела. Исчезающе малая доля третьего света делает невозможным присутствие в системе одиночной дополнительной звезды массы большей, чем солнечная. Но если третьим телом является маломассивная двойная звезда или релятивистский объект, то условие малой доли третьего света будет выполнено.

Таким образом, наблюдаемое в системе AS Cam противоречие теории с наблюдениями на начало данной работы точного объяснения не имело. Кроме того, оставалась некоторая неопределенность в параметрах орбиты, размерах и температурах звезд. Разные авторы получали значения эксцентриситета орбиты от 0.10 до 0.17. При меньшем из этих значений эксцентриситета получается большее значение скорости апсидального вра-

шения [22], и противоречие исчезает. Но в дальнейшем было показано, что меньшие значения эксцентриситета ошибочны. Козырева и др. [24] предположили постепенное увеличение эксцентриситета системы, которое, вероятно, связано с влиянием третьего компонента. Хилдитчем [23], Козыревой и Захаровым [25] было отмечено, что в системе наблюдаются небольшие физические изменения блеска.

Мною была предпринята попытка разобраться в процессах, происходящих в AS Cam. Поиск по литературе показал, что на данный момент опубликовано несколько фотоэлектрических кривых блеска системы, пригодных для решения и достаточно равномерно распределенных по интервалу в 50 лет. План был получить еще одну кривую блеска, затем решить каждую из имеющихся кривых одинаковым способом, получить из всех решений средние параметры системы, их ошибки, с учетом малости выборки, и непосредственно проследить за динамикой изменений долготы периастра и, возможно, эксцентриситета и угла наклона орбиты. Также для измерения температур можно воспользоваться точным расстоянием до системы из обзора GAIA DR3, а измерения эксцентриситета и долготы периастра дополнить значениями, полученными из спектральных наблюдений Хилдитча [18] и Павловского и др. [17].

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ AS Cam НА ОСНОВЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

2.1. Звездные величины и межзвездное поглощение

Звездные величины AS Cam неоднократно определялись разными авторами. Мною были собраны все доступные из литературы UBV оценки ее блеска [1, 23, 26, 27]. Также были использованы определения температур из спектральных наблюдений [17, 18], из которых с помощью калибровок Флауэра [28] можно независимо определить непокрашенные показатели цвета $B - V$. Затем было проведено сравнение друг с другом всех данных, найдены и отброшены выпадающие значения и получены средние величины, наилучшим образом удовлетворяющие всей совокупности данных. Результаты представлены в табл. 1. С помощью двухцветной диаграммы $(U - B) - (B - V)$ (рис. 1) было определено значение межзвездного поглощения $E(B - V) = 0.086 \pm 0.008$, близкое к величине, которую дает обзор [31], $E(B - V) = 0.10 \pm 0.02$. Одинаковое с обзором значение следует из $uvby\beta$ фотометрии Лэси [32]. Величина, получаемая из UBV фотометрии, выглядит предпочтительнее, так как объединяет измерения многих авторов, полученных из привязок к большому количеству фотометрических стандартов, она и была принята за окончательную. Средние

Таблица 1. Звездные величины AS Cam на плато и каждого компонента в отдельности

Звезда	V	$U - B$	$B - V$
AS Cam	8.587	−0.269	−0.015
	0.005	0.012	0.012
AS Cam, “A”	8.955	−0.318	−0.029
	0.006	0.013	0.013
AS Cam, “B”	9.939	−0.131	0.019
	0.007	0.017	0.015

показатели цвета каждого из компонентов были определены после решения кривых блеска и обратного преобразования температур, полученных из спектров с помощью таблиц из работы [28], они также нанесены на рис. 1. Основой для их определения послужили относительные светимости компонентов, полученные из наблюдений Хилдитча, т.к. в них представлены наиболее полные кривые блеска в фотометрических полосах UBV .

2.2. Фотометрия AS Cam

Из литературных данных известны три полных кривых блеска [1, 23, 25]. Данные [33] неполны, но были использованы в той мере, в какой это представилось возможным. Также были использованы данные спутника TESS [34]. И, наконец, наиболее полная кривая блеска была получена в ходе данного исследования.

Была использована такая же методика наблюдений и редукции данных, что и в предыдущих работах [35–39]. Окончательные элементы искались методом дифференциальных поправок. Далее приводится более детальный разбор работы с каждым массивом данных.

2.2.1. Наблюдения Хилдитча. Наблюдения проводились с помощью фотоэлектрического одноканального фотометра, установленного в фокусе 40-см кассегрена равнинной обсерватории Сент-Эндрюсовского университета в Шотландии в 1968–1970 гг. Приемным элементом служил фотоумножитель RCA 1P21 с комплектом фильтров, обеспечивающим близкую к UBV инструментальную систему. Было получено порядка 860 измерений в каждой из трех фотометрических полос, полностью покрывших всю кривую блеска звезды. Была обнаружена внезатменная переменность звезды, синхронная с орбитальным периодом. Попытки ректификации кривой блеска за счет эффектов близости, отражения и вращения успеха не принесли, что вызвало недоумение, т.к. непонятной была связь физической переменности компонентов с движением по орбите. Разгадка была найдена в данном исследовании после

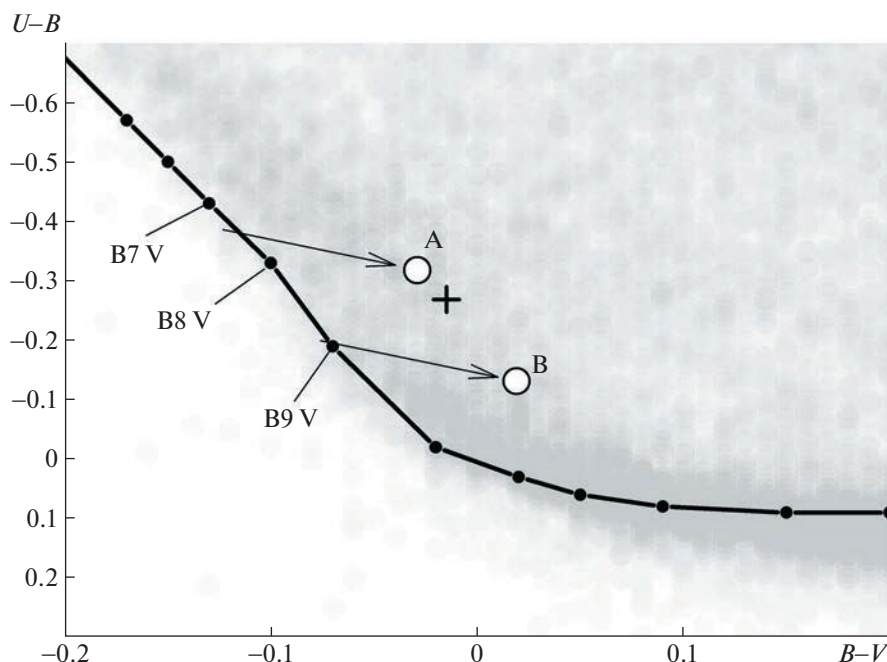


Рис. 1. Двухцветная диаграмма $(U - B) - (B - V)$. Крестиком показано положение AS Cam. Кружки A и B — главный и вторичный компоненты соответственно. Сплошная линия соответствует нормальным показателям цвета звезд пятого класса светимости согласно [29]. Стрелками показано направление линии межзвездного покраснения. Серый фон — данные каталога [30].

решения кривой блеска TESS. В работе [40] предположенная Хилдитчем физическая переменность была подтверждена. В более поздней работе [25] был предложен близкий к суткам период пульсаций. Но достоверность найденного периода невелика, подтвержден он не был. Сводка результатов решения UBV кривых блеска приведена в табл. 2. Коэффициенты потемнения к краю выбирались для каждой из фотометрических полос в соответствии с опубликованными средними длинами волн [23] с помощью интерполяции таблиц в работе [41]. Обращает на себя внимание хорошее совпадение полученных параметров во всех фотометрических полосах. В двух последних строках табл. 2 даны количество наблюдательных точек в минимумах и среднее уклонение отдельной точки от модели. Полученные параметры отличаются от тех, что приведены в работе [23], где кривые блеска решались вручную. Они также значительно отличаются от тех данных, которые приведены в работе [1], в которой было получено независимое компьютерное решение этих же наблюдений. Такое расхождение объясняется недостатками предыдущих решений. В настоящей работе учтены ночные поправки, которые фактически компенсируют физическую переменность звезды. В случае наблюдений Хилдитча поправки существенно выше ошибок, представленных в последней строке табл. 2. Для полосы U они рав-

ны $\pm 0.035^m$, $B - \pm 0.020^m$, $V - \pm 0.017^m$. Отметим тот факт, что величины поправок монотонно уменьшаются в сторону более длинных волн. Эти поправки не имеют никакого отношения к точности наблюдений в каждой из полос, так как являются средними для отдельной наблюдательной ночи, когда количество наблюдений для каждой фотометрической полосы составляло несколько десятков. Данный факт прямо свидетельствует об увеличении амплитуды физических колебаний в сторону коротких длин волн и говорит в пользу определенного ниже класса физической переменности компонентов. Средневесовые значения параметров, полученных из наблюдений Хилдитча, приведены в первом столбце табл. 3.

2.2.2. Наблюдения Падалья и Шривастава, 1975 г. Наблюдения [26] получены в фотометрических полосах UBV , но, к сожалению, оригинальные данные недоступны. Приведены только индивидуальные моменты минимумов, имеющие недостаточную точность. Так как эти моменты очень близки между собой по времени, то была проведена линейная регрессия этих данных и получено два значения моментов минимумов: один главный и один вторичный, имеющие более высокую точность.

2.2.3. Наблюдения Халиуллина и Козыревой, 1983 г. Наблюдения выполнены в Тянь-Шаньской высокогорной обсерватории ГАИШ МГУ на

Таблица 2. Решение кривых блеска Хилдитча в трех фотометрических полосах

Параметр	V	B	U
r_1	0.1465(5)	0.1446(5)	0.1479(7)
r_2	0.1088(5)	0.1081(6)	0.1113(7)
$i, ^\circ$	88.339(2)	88.290(2)	88.160(2)
e	0.1377(20)	0.1374(24)	0.1403(31)
$\omega, ^\circ$	224.54(2)	224.94(2)	225.82(2)
L_1	0.7122(11)	0.7212(13)	0.7545(16)
L_3	0.0	0.0	0.0
u_1	0.345	0.414	0.424
u_2	0.398	0.479	0.475
N	341	338	341
$\sigma_{O-C}, ^m$	0.0101	0.0114	0.0138

одноканальном электрофотометре и телескопе АЗТ-14 ($D = 48$ см, $F = 7500$ мм) в отличных фотометрических условиях [1]. Ошибка отдельного измерения в полосе V составляла $\pm 0.0040^m$, столь высокая точность обусловила то, что хотя наблюдения были проведены всего лишь в одном главном и в одном вторичном минимумах и только в одной фотометрической полосе V , параметры системы определяются достоверно. Полученные параметры приводятся во втором столбце табл. 3. Эти данные отличаются от тех, что приведены в работе [1], табл. III. Полученное значительное расхождение практически во всех параметрах связано с тем, что Халиуллин и Козырева не вносили ночных поправок в свои наблюдения, а учитывая, что звезда испытывает физическую пере-

менность, это неизбежно приводило к ошибке. Уже при первом сравнении кривых блеска, приведенных в работах [23] и [1], видно, что у второй

кривой главный минимум на 0.02^m глубже. Кроме того, в наблюдениях Халиуллина и Козыревой приняты ошибочные коэффициенты потемнения к краю. Для более горячего главного компонента линейный коэффициент потемнения к краю принят на 0.15 выше, чем для вторичного. Вероятно, такая ситуация возникла при включении коэффициентов потемнения в общий поиск решения. Формально у такого решения ошибки оказались меньше, и были приняты обратные значения коэффициентов потемнения. По какой-то причине этому факту должного внимания не уделили. Еще одной неизбежной ошибкой при решении Халиуллин и Козыревой данных Хилдитча было то, что не учитывалось световое уравнение, которое смещало дату наблюдения до ± 4 мин. При максимальной точности определения момента минимума в 10 с [42] подобная ошибка во времени наблюдения неприемлема. В свете сказанного не удивительно, что, приняв из своего ошибочного решения относительные размеры компонентов, угол наклона и эксцентриситет, было получено сильно завышенное значение долготы периастро для кривой блеска Хилдитча, $\omega = 235^\circ$. Из своих данных Халиуллин и Козырева получили $\omega = 236.9^\circ$, что для 13 лет, прошедших со времени наблюдений Хилдитча, привело к заниженному значению скорости апсидального вращения. Указанные замечания были учтены мною при решении наблюдений Халиуллина и Козыревой и позволили получить более достоверные данные. Среднее отклонение отдельной точки в моем ре-

Таблица 3. Геометрические элементы для всех кривых блеска

Параметр	[23]	[1]	[25]	[34]	ДР	Среднее
2400000+	40204	44939	49341	58824	59630	
r_1	0.1460(5)	0.1452(2)	0.1469(4)	0.1449(3)	0.1423(3)	0.1451(8)
r_2	0.1088(5)	0.1079(4)	0.1099(7)	0.1094(2)	0.1080(5)	0.1088(4)
$i, ^\circ$	88.30(3)	88.5(1)	88.6(2)	88.9(1)	89.1(1)	
e	0.1379(9)	0.1512(11)	0.1501(13)	0.1697(12)	0.1739(6)	
$\omega, ^\circ$	224.8(4)	232.1(1)	234.0(4)	242.3(4)	243.7(1)	
L_{V1}		0.7036(6)	0.7065(6)	0.6991(7)	0.6804(3)	0.7007(70)
L_{V3}	0.00(1)	0.013(4)	0.00(1)	0.00(1)	0.034(5)	0.009(7)
u_{V1}		0.338	0.338	0.250	0.338	
u_{V2}		0.386	0.386	0.287	0.386	
N	1020	286	1418	177	1700	
$\sigma_{O-C}, ^m$		0.0041	0.0082	0.0026	0.0053	

Примечание. Во втором столбце приведены элементы кривой блеска Хилдитча [23], в третьем — Халиуллина и Козыревой [1], в четвертом — Козыревой и Захарова [25], в пятом — по данным TESS [34], в шестом — по данным настоящей работы (ДР). В седьмом столбце даны средние значения параметров r и L .

шении равно $\pm 0.0041''$, что ниже значения $\pm 0.0047''$, приводимого в статье Халиуллина и Козыревой, и практически равно заявленной ими ошибке наблюдений $\pm 0.0040''$.

2.2.4. Наблюдения Козыревой, 2006 г. Следующей по времени кривой блеска являются наблюдения Козыревой 1991–2002 гг. в Тянь-Шаньской обсерватории. 11 лет наблюдений – это большой отрезок времени и за данный срок элементы орбиты могут измениться. Поэтому интервал наблюдений был разделен на части, для каждой было найдено свое решение. Результаты оказались практически одинаковыми. Затем было получено решение для всего интервала наблюдений. Изменение долготы периастра при этом учитывалось тем, что для вычисления фаз наблюдений использовались различные значения периодов следования главных и вторичных минимумов, которые тоже были включены в поиск решения. Полученное решение примерно совпало с решениями для отдельных интервалов времени. Поэтому для более точной привязки по времени интересующих нас в первую очередь параметров – долготы периастра и эксцентриситета, был выбран интервал времени от октября 1993 г. до марта 1995 г., в котором имелось максимальное количество измерений. Этот временной промежуток короче интервала наблюдений Хилдитча. Число наблюдательных точек сократилось в два раза, но осталось вполне достаточным для точного определения параметров (см. табл. 3). Точность индивидуального измерения в этом ряду хуже, чем в более ранних наблюдениях Халиуллина и Козыревой на той же обсерватории и с тем же телескопом, но приемная аппаратура была другой.

2.2.5. Данные спутника TESS. Это самые точные наблюдения, стандартное отклонение одной точки оказалось равным $\pm 0.0025''$. Полоса наблюдений лежит в ближней инфракрасной области и для решения было принято, что наблюдения выполнены в системе I_C Казинса. Данные получены непрерывно в течение 25 сут в ноябре–декабре 2019 г. с равномерным распределением наблюдательных точек по времени. С одной стороны, такое распределение наблюдений уменьшило количество точек в минимумах, а с другой, позволило детально выяснить поведение звезды между минимумами. Главный компонент системы оказался физически переменной звездой. Были обнаружены накладываются синусоидальные изменения блеска малой амплитуды и сделано предположение о наличии двух периодов пульсаций. Соответственно, еще шесть независимых

параметров были добавлены в нашу программу поиска решений в следующем виде:

$$L_1 = L_{\text{mean}}(1 - A_1 \sin(2\pi(T - T_{01})/P_1) - A_2 \sin(2\pi(T - T_{02})/P_2)), \quad (1)$$

где T – начальные эпохи, отнесенные к нулевому аргументу конкретной синусоиды, P – периоды, $A_{1,2}$ – амплитуды. Были определены следующие значения параметров пульсаций: $T_{01} = T_{01} = 2458818.6165(5)$, $T_{02} = 2458818.8492(1)$, $P_1 = 1.32273(1)$, $P_2 = 1.15462(1)$, $A_1 = 0.01547(2)$, $A_2 = 0.01233(2)$. Геометрические параметры, полученные из решений, приведены в пятом столбце табл. 3. Значение P_2 равно $1/3$ орбитального периода, что объясняет найденную Хилдитчем связь физической переменности с орбитальным периодом.

Тип переменности – медленно пульсирующая звезда типа β Сер (SBC). Звезда полностью удовлетворяет критериям данного типа, а именно, пульсирует в двух модах, периоды близки суткам, амплитуды пульсаций соответствуют звездам данного типа и растут в сторону коротких длин волн, что следует из данных Хилдитча (см. выше). На диаграмме Герцшпрунга–Рассела [43] звезда попадает в область неустойчивости для звезд SBC недалеко от нижней ее границы. Полученное для наблюдений TESS решение является единственным, в котором проведен правильный учет пульсаций главного компонента. Во всех остальных решениях пульсации устраняются только в первом приближении изменением нулевого уровня блеска в данную ночь. Так как продолжительность минимумов составляет для главного примерно $1/4$, а вторичного примерно $1/5$ от периодов пульсаций, то физические изменения блеска за время минимума могут достигать суммы амплитуд пульсаций главного компонента, примерно $\pm 0.020''$ для общего блеска системы, что значительно превышает ошибки наблюдений для всех кривых блеска. Если каждый минимум наблюдался несколько раз, то такие ошибки усредняются и на геометрические параметры влияют слабо, но вносят существенную погрешность в определение точного момента конкретного минимума. График изменений блеска и его остаточных отклонений от модели приведен на рис. 2.

Попытка использовать формулу (1) для других фотометрических рядов успеха не принесла. Вероятно, кроме ошибок, связанных с пульсациями, в них содержатся еще и инструментальные ошибки того же порядка величины, что и пульсации. Их, например, можно видеть на графике остаточных отклонений в минимумах в наблюдениях [1].

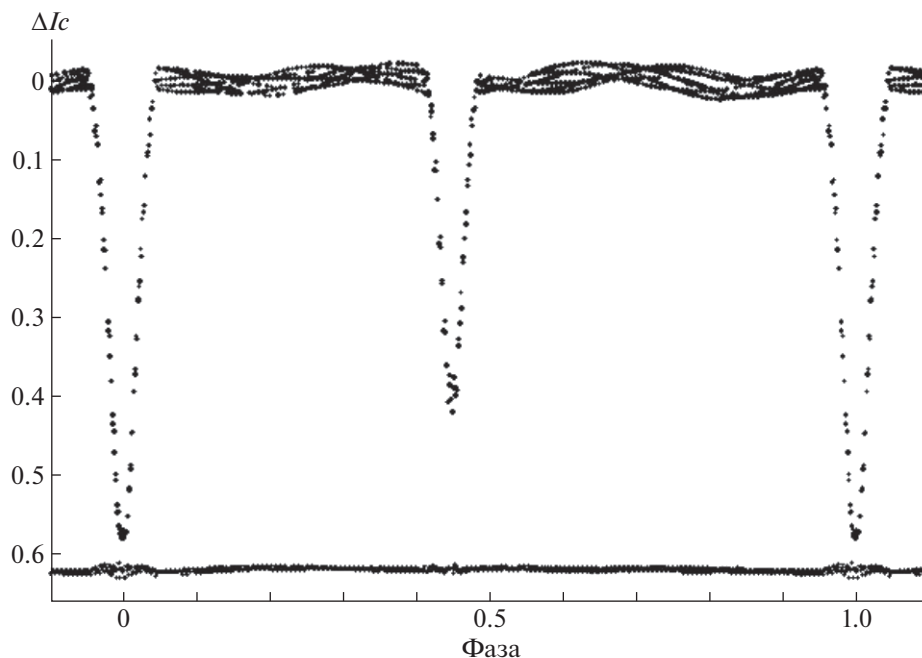


Рис. 2. Наблюдения TESS, свернутые с орбитальным периодом. Хорошо видны синусоидальные колебания на плато. Остаточные отклонения наблюдений от теоретической кривой блеска $O - C$ представлены на нижней панели.

После того, как статья прошла рецензирование, стали доступны новые наблюдения TESS, которые не противоречат полученным результатам, но в данную работу не вошли. Отметим только, что в них не наблюдается периода $P_2 = 1.155$ сут для главного компонента, но появляются пульсации вторичного компонента с похожим периодом. Возможно, данный период, равный одной трети периода затменной системы, индуцируется орбитальным движением по эллиптической орбите и иногда проявляется у вторичного компонента, который в полосу неустойчивости не попадает, но лежит близко к ее границе. Также в этих наблюдениях появилась заметная доля третьего света $L_3 = 0.037$ в полосе I_c .

2.2.6. Современные наблюдения. Наблюдения были проведены в 2021–2022 гг. на Звенигородской обсерватории ИНАСАН с помощью автоматического телескопа Celestron RASA 11', в кассегреновском фокусе которого установлена камера ZWO ASI 6200 MM PRO. Еще один минимум был получен в 2022 г. на обсерватории Словацкого астрономического института в Старой Лесне с помощью 60-см телескопа Цейсс-600 и ПЗС камеры G4-9000 Moravia. В качестве звезды сравнения была использована HD 35169 ($V = 8.27^m$, Sp K2). Эта звезда была выбрана вследствие малого расстояния до переменной (11') и близости к исследуемой звезде по яркости. Соблюдение этих условий при наблюдении с ПЗС оказывается более важным, чем близость звезд по пока-

зателю цвета, который в данном случае равен $\Delta(B - V) = 1.5$. Проведенные ранее эксперименты показали, что при разности показателей цвета $\Delta(B - V) \approx 1.5$ поправки в разности блеска двух звезд для полосы V для равнинной обсерватории не превышают 0.002^m при изменении воздушной массы на 1.5. При этом для полосы B они составляют в среднем 0.06^m , но в этой полосе наблюдения не проводились. Так как звезда околополярная, ее воздушная масса за время самых длительных циклов непрерывных наблюдений изменялась медленно и не более чем на 0.39. Таким образом, максимальный дрейф за счет изменения воздушной массы в ходе моих наблюдений не превышал 0.0006^m , что в восемь раз меньше точности наблюдений. Поэтому выбор звезды сравнения оправдан.

Экспозиции вследствие яркости звезд составляли 8–10 с. Для уменьшения влияния атмосферных мерцаний при столь коротких экспозициях было проведено усреднение всего массива данных. Усреднение проводилось так, чтобы точность среднего была не хуже $\pm 0.005^m$. Для выполнения данного условия обычно усреднялось 3–5 десятисекундных экспозиций. В некоторых случаях, при прохождении облаков через область, количество усредненных кадров могло достигать до 10 и даже 20, но таких точек немного. Всего получено 1908 точек, каждая из которых считается

Таблица 4. Журнал наблюдений

Год	JD 2459 000+	<i>N</i>	Телескоп, аппаратура
2021	558	515	1
2021	560	274	1
2022	596	495	1
2022	673	301	1
2022	690	52	1
2022	716	281	2

Примечание. *N* — количество измерений. В 4-м столбце указано под № 1 — Celestron RASA 11" (Звенигородская обсерватория ИНАСАН, ZWO ASI 6200 MM Pro); под № 2 — Цейсс-600 (Словакия, Moravia G4-9000).

отдельным измерением, имеющим одинаковую точность. Результаты решения приведены в табл. 3 в шестом столбце.

Журнал наблюдений приведен в табл. 4. Все наблюдения получены в полосе *V*, они доступны в базе данных CDS¹. Образец этой таблицы представлен в табл. 5. В первом столбце табл. 5 приведена Юлианская гелиоцентрическая дата наблюдения, отнесенная к середине экспозиции, во второй — звездная величина объекта. Небольшие ночные поправки, полученные при окончательном решении кривых блеска, учтены. Поэтому искать по этим данным периоды физической периодичности не получится.

Средневзвешенные значения не меняющихся со временем параметров представлены в табл. 3 в седьмом столбце. Все индивидуальные решения считались имеющими одинаковый вес. График изменений блеска вблизи минимумов по моим наблюдениям представлен на рис. 3. Под графиком показаны остаточные отклонения от окончательной модели для всех кривых блеска участвовавших в решении.

3. СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

3.1. Наблюдения Хилдитча

Фотографические спектры высокого разрешения были получены Хилдитчем в ноябре 1971—марте 1972 г. на телескопах обсерватории От Прованс и Доминионской астрофизической обсерватории. Использовались соответственно рефлекторы 152 и 180 см [18]. Данные были решены мною повторно и получены близкие к опубликованным значения параметров. Результаты решения содержатся во втором столбце табл. 6. В третьем столбце этой таблицы приведены для сравнения данные решения из работы [18]. Из

¹ через анонимный ftp cdsarc.u-strasbg.fr (130.79.128.5) или по ссылке <https://cdsarc.unistra.fr/viz-bin/cat/J/AZh/100>

Таблица 5. Таблица индивидуальных наблюдений

JD _{hel}	Зв. величина
2459558.38518	8.5857
2459558.38630	8.5815
2459558.38680	8.5841
2459558.38728	8.5837
2459558.38773	8.5861

сравнения второго и третьего столбцов таблицы видно, что принципиальных отличий двух решений нет. Разве что эксцентриситет в нашем решении имеет меньшее значение. Одновременно видно, что значения эксцентриситета и долготы периастра очень близки к тем, что получаются из фотометрии Хилдитча. Это служит основанием считать, что эксцентриситет и долгота периастра для эпохи наблюдений Хилдитча определены верно.

3.2. Наблюдения Павловского и др.

Авторами был получен 31 спектр высокого оптического и временного разрешения с помощью Северного оптического телескопа (2.6 м) обсерватории Ла Пальма, Канарские острова. Экспозиции составляли 10 мин, что позволило избежать искажения кривой лучевых скоростей орбитальным движением. Экспозиции при спектральных фотографических наблюдениях Хилдитча были длиннее, что, по мнению авторов, исказило профили линий орбитальным движением. Оригинальные данные о лучевых скоростях [17] опубликованы не были, в статье приведены достаточно точные значения параметров системы, которые представлены в последнем столбце табл. 6. Ошибки лучевой скорости авторами не приведены, но они, вероятно, должны быть порядка 1 км/с. Основываясь на измерениях ширины линий, авторы делают вывод о наклонном вращении компонентов AS Cam. Это довольно тенденциозно, так как наблюдений в минимумах они не представили и судить о наклоне осей вращения по изменению профилей спектральных линий нельзя. В качестве решающего аргумента в пользу гипотезы Шакуры авторы указывают на то, что осевые скорости вращения получаются из их наблюдений значительно ниже тех, что должны были бы быть при условии синхронизма. Это может указывать на то, что оси вращения компонентов перпендикулярны картинной плоскости и направлены на наблюдателя. В то же самое время данные Хилдитча [18] и Малони и др. [19] говорят о выполнении условий синхронизма. Объяснений расхождения данных разных авторов пока нет, возможна как прецессия звезд (тогда гипотеза Шакуры отчасти работает), так и невыявлен-

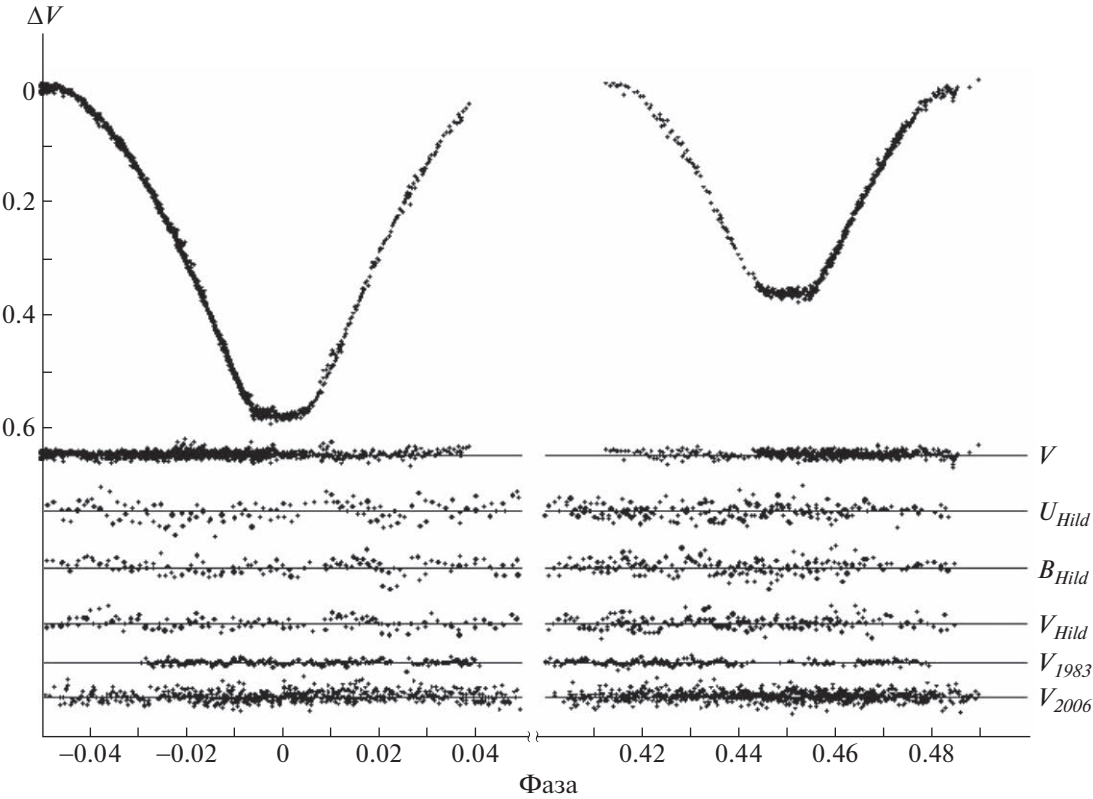


Рис. 3. Полученные в данной работе наблюдения в минимумах в полосе V (верхняя панель). Ниже представлены отклонения $O - C$ наблюдаемых точек от модельных кривых для всех авторов, где V — наши наблюдения, UBV_{Hild} — наблюдения Хилдитча в соответствующей фотометрической полосе [23], V_{1983} — наблюдения Халиуллина и Козыревой [1], V_{2006} — наблюдения Козыревой и Захарова [25].

ные ошибки обработки. Необходимы дополнительные спектральные наблюдения.

Обращает на себя внимание значительное отличие амплитуды лучевых скоростей главного компонента в решениях Хилдитча и Павловского

и др., что приводит к довольно сильному расхождению оценок масс компонентов. Причины могут быть инструментального характера, например, в фотографических наблюдениях нередко присутствуют систематические ошибки.

Таблица 6. Орбитальные и физические параметры, полученные из лучевых скоростей AS Cam

Параметр	ДР для [18]	[18]	[17]
T_0 , HJD	2441 001.6707(5)	2440 205.688(33)	2454 399.752(6)
P , d	3.431075(8)	3.4309714	3.430973
e	0.1323(2)	0.135(7)	0.164(4)
ω , $^\circ$	225.4(5)	225.5(35)	241.5(19)
K_a , км/с	110.2(2)	110.4(11)	106.2(8)
K_b , км/с	145.3(2)	145.8(13)	146.9(5)
M_a , $M_\odot$	3.29(3)	3.3(1)	3.21(3)
M_b , $M_\odot$	2.49(3)	2.5(1)	2.32(3)
γ , км/с	−7.30(3)	−7.1(70)	
σ , км/с	4.03	4.2	

Примечание. Во втором столбце приведены решения, полученные автором по данным Хилдитча [18], обозначено ДР; в третьем — результаты из оригинальной работы [18]; в четвертом — результаты из работы Павловского и др. [17].

4. АБСОЛЮТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ, СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ С ТЕОРИЕЙ

Средние размеры звезд, приведенные в табл. 3, расстояние до системы из обзора GAIA DR3 ($\pi = 0.00194 \pm 0.00005$), а также массы из четвертого столбца табл. 6 позволили вычислить температуры звезд. Совокупность всех физических параметров приведена в табл. 7. Сравнение полученных температур с данными Павловского и др., полученных из спектральных наблюдений, говорит о хорошем совпадении. Но температура главного компонента оказалась примерно на 800 K выше, чем это следует из его показателя ($B - V$) и таблиц Флауэра. При этом температура вторичного компонента совпадает с калибровкой Флауэра идеально. Для соответствия найденному значению температуры главного компонента необходимо, чтобы его показатель цвета ($B - V$) был бы на 0.02^m меньше. Возможно, что для горячих звезд калибровка Флауэра имеет небольшую ошибку, но не исключено, что будучи переменной звездой SBC класса, главный компонент отличается от обычных звезд по показателю ($B - V$).

Данные табл. 7 получены из непосредственных измерений без каких бы то ни было предположений о температурах и массах звезд. Сравнение с эволюционными моделями [44] показывает, что параметры обоих компонентов соответствуют звездам с содержанием металлов $Z = 0.0095$ и возрастом 141–177 млн. лет. На рис. 4 (зависимость $\lg g - \lg T$) и рис. 5 ($\lg L - \lg T$, диаграмма Герцшпрунга–Рассела) нанесена соответствующая изохрона, полученная интерполяцией таблиц на данный химический состав и возраст главного компонента 141 млн. лет. Для вторичного компонента более подходит возраст 177 млн. лет. Можно сказать, что вторичный компонент имеет для возраста 141 млн. лет небольшую избыточную светимость и немного большие размеры. Причины расхождения пока не ясны, и, учитывая высокую точность полученных параметров звезд, скорее всего, реальны.

Определяемая из моделей металличность лежит на границе интервала значений, полученного Павловским и др. из спектров высокого разрешения: $Z = 0.01-0.02$.

5. ВРАЩЕНИЕ ЛИНИИ АПСИД

Для вычисления скорости апсидального вращения обычно используют соотношение, приведенное в книге Мартынова [45], основными аргументами которого являются эксцентриситет и долгота периастра. В более удобном виде эта фор-

Таблица 7. Абсолютные параметры AS Cam

Параметр	Главный компонент	Вторичный компонент
Масса, $M_{\odot}$	3.214 ± 0.03	2.324 ± 0.03
Радиус, $R_{\odot}$	2.455 ± 0.013	1.841 ± 0.006
Светимость, $\lg L_{\odot}$	2.148 ± 0.025	1.597 ± 0.03
Эффективная температура, T_{eff} , K	12980 ± 150	10850 ± 100
Спектральный класс	B7.5 V	B9.0 V
Гравитационное ускорение, $\lg g$, см/с ²	4.164 ± 0.005	4.274 ± 0.004
Болометрическая поправка, В.С., ^m	−0.826	−0.396
Абс. визуальные величины, M_v , ^m	0.19 ± 0.03	1.13 ± 0.03
Содержание тяжелых элементов, Z	$0.0095 + 0.01/-0.005$	
Большая полуось, a , $R_{\odot}$	16.92 ± 0.06	
Расстояние до системы, пк	515 ± 14	
Фотометрический параллакс, π , "	0.00194 ± 0.00005	
Возраст системы, млн. лет	140 ± 20	

мула представлена в работе Халиуллина и Халиуллиной [46]:

$$\dot{\omega} = \frac{\Delta P}{P^2} \frac{\pi}{2e[f(e)\sin 3\omega - \sin \omega]}, \quad (2)$$

где

$$f(e) = \frac{e^2(1 + 3\sqrt{1 - e^2})}{(1 + \sqrt{1 - e^2})^3}, \quad \Delta P = P_2 - P_1.$$

В ней используется разность периодов следования отдельно главных и отдельно вторичных минимумов, значения которых определяются по ходу остаточных уклонений моментов минимумов от линейной формулы. Все доступные моменты минимумов собраны в табл. 8, 9. Моменты минимумов, для которых доступны оригинальные наблюдения, были заново определены с использованием модели двойной затменной звезды, найденной в данном исследовании. Они помечены в таблицах звездочкой. Такой подход снизил разброс уклонений $O - C$. Ряд опубликованных моментов оказался ошибочным. Некоторые моменты минимумов были отброшены на основании того, что их ошибки, приводимые в литературе, слишком велики (более $\pm 0.005^d$), а несколько моментов с заявленной точностью

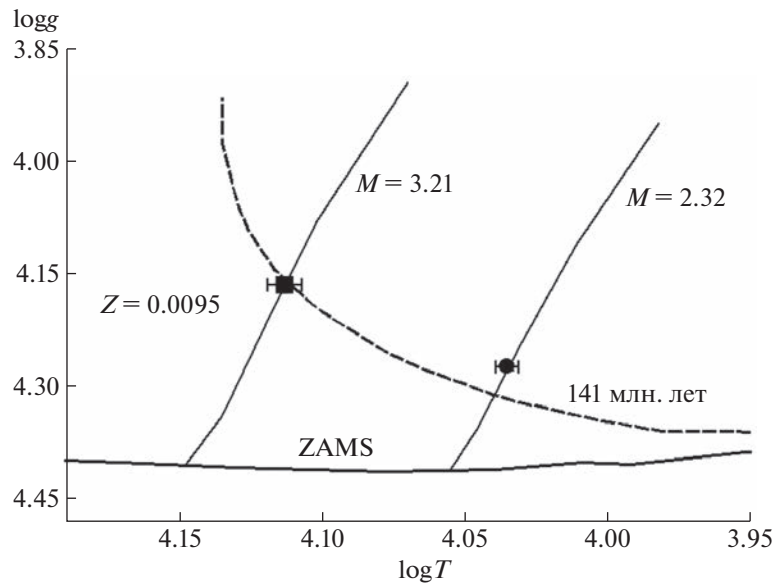


Рис. 4. Эволюционные треки, показывающие зависимость ускорения свободного падения от температуры звезды, построенные по данным [44] для избранных масс звезд. Сплошной жирной линией показано положение Начальной Главной Последовательности ZAMS. Главный компонент обозначен черным квадратом, вторичный — кружком. Показаны ошибки определения параметров. Сплошная кривая линия — изохрона для возраста 141 млн. лет.

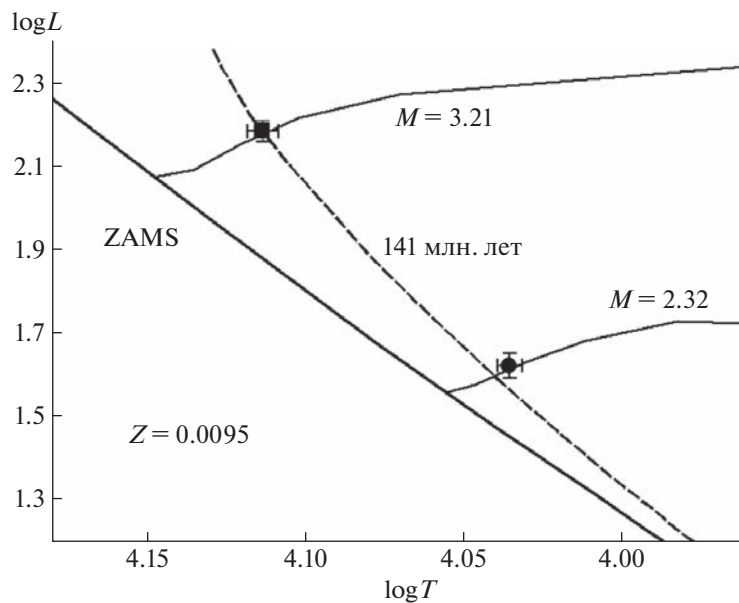


Рис. 5. Зависимость светимости звезд в солнечных единицах от температуры для избранных масс [44]. Обозначения те же, что и на рис. 4.

лучше $\pm 0.001^d$ показали гораздо большее уклонение, хотя близкие по времени моменты минимумов других авторов уклонений не показывают. Исходя из сказанного было решено опубликовать таблицы всех вошедших в данное решение моментов минимумов. Всего было использовано

83 индивидуальных момента минимумов, 38 из которых были либо получены, либо перевычислены в данном исследовании. Все полученные за более чем 50 лет наблюдений моменты минимумов хорошо представляются линейными формулами, что при обычном рассмотрении говорит о

возможности нахождения с высокой точностью периодов P_1 и P_2 (см. рис. 6). Линейная регрессия табл. 8, 9 приводит к следующим формулам:

$$\text{HJD Min I} = 2459558.5803(8) + 3.4309634(2)^d E, \quad (3)$$

$$\text{HJD Min II} = 2459560.1243(7) + 3.4309711(2)^d E. \quad (4)$$

Видимо поэтому динамике изменений отдельно эксцентриситета и отдельно долготы периастра должного внимания не уделялось. Предполагалось, что изменения эксцентриситета кажущиеся, обусловлены ошибками определения. Скорость увеличения долготы периастра определялась при фиксированном эксцентриситете по формуле (2). Поэтому все работы по определению скорости апсидального вращения сводились, по сути, к уточнению значения эксцентриситета. Чтобы достичь совпадения теории и наблюдения в работах Бозкурт и Дежирменчи [22], а также Кшесиньского и др. [47], эксцентриситет был уменьшен до $e = 0.10$. Учитывая надежно определенное значение эксцентриситета в работе 1983 г. Халиуллина и Козыревой [1], следует признать, что меньшее значение эксцентриситета было принято исключительно с целью примирить теорию с наблюдениями. По мере добавления новых измерений моментов минимумов периоды P_1 , P_2 практически не менялись и все опубликованные работы подтверждали полученное Халиуллиным и Козыревой заниженное значение скорости апсидального вращения.

В современную эпоху значения эксцентриситета у разных исследователей получаются равными 0.16–0.18, что лишь немного превышает обычный разброс определения эксцентриситета из высокоточных фотометрических наблюдений. Вполне можно было бы предположить несовпадение значений разных авторов ошибками измерений. В пределах такой же ошибки в 4% отличаются и выводимые разными авторами значения скорости вращения линии апсид.

В данной работе было предположено, что небольшие реальные изменения эксцентриситета могут привести к значительному просчету в вычислении скорости апсидального вращения. Все измерения эксцентриситета и долготы периастра собраны для наглядности в табл. 10 и построен соответствующий график (см. рис. 7).

Сначала, наряду с монотонным изменением долготы периастра, была использована гипотеза о постоянной скорости изменения эксцентриситета. В соответствии с линейной регрессией данных из табл. 10 она была определена в +0.03 за 50 лет. При меняющемся эксцентриситете формулу (2) применять нельзя. Следует пользоваться исход-

Таблица 8. Индивидуальные моменты главных минимумов, использованные в работе

HJD	$\epsilon_1,^d$	$\epsilon_2,^d$	Ссылка
2440204.51391	0.00010	0.00086	[23]*
2440269.70010	−0.00209	−0.00067	[23]*
2440626.52230	−0.00045	−0.00000	[48]
2440959.32643	−0.00009	−0.00007	[26]*
2441007.36000	−0.00005	0.00067	[48]
2441580.33340	0.00201	−0.00090	[40]
2444939.24564	0.00044	−0.00047	[1]*
2446397.40850	0.00396	0.00159	[47]
2447138.49560	0.00307	0.00235	[47]
2447443.84804	−0.00019	0.00040	[33]*
2447982.51180	0.00212	0.00049	[47]
2448191.80069	0.00217	0.00184	[49]
2448308.45010	−0.00122	0.00004	[50]
2448538.32323	−0.00271	−0.00092	[20]*
2448881.42389	0.00151	−0.00167	[20]*
2448998.07400	−0.00117	−0.00149	[20]
2449238.24048	−0.00220	−0.00027	[20]*
2449341.17014	−0.00147	0.00033	[20]*
2449557.32364	0.00128	0.00053	[20]*
2449622.51240	0.00172	−0.00071	[20]
2449749.45810	0.00174	0.00026	[51]
2449773.47322	0.00011	−0.00082	[20]*
2449852.38650	0.00121	0.00168	[52]
2449900.41770	−0.00108	−0.00002	[52]
2450418.49750	0.00313	0.00099	[20]
2450425.35691	0.00061	−0.00173	[20]*
2450562.59700	0.00214	0.00084	[53]
2450833.64000	−0.00102	0.00087	[53]
2452542.25841	−0.00258	−0.00070	[25]*
2453252.46730	−0.00314	−0.00124	[25]
2453266.19250	−0.00179	0.00014	[25]
2453410.29400	−0.00075	0.00084	[54]
2453760.25497	0.00195	0.00000	[55]
2454391.54986	−0.00040	−0.00114	[56]
2457757.32840	0.00365	0.00080	[24]
2458824.35300	−0.00101	0.00057	[34]*
2459558.57861	−0.00128	−0.00034	ДР
2459596.31717	−0.00330	−0.00198	ДР
2459716.40118	−0.00296	−0.00103	ДР

Примечание. Обозначено: ДР — данная работа; * — моменты минимумов, заново определенные из оригинальных наблюдений с использованием модели двойной затменной звезды, найденной в данном исследовании.

Таблица 9. Индивидуальные моменты вторичных минимумов, использованные в работе

HJD	$\epsilon_1, ^d$	$\epsilon_2, ^d$	Ссылка
2439890.36633	−0.00082	−0.00162	[23]*
2440147.68926	−0.00059	−0.00067	[23]*
2440185.43170	0.00118	0.00169	[23]*
2440545.68050	−0.00183	−0.00046	[23]*
2440590.28390	−0.00104	−0.00012	[23]*
2441988.27557	−0.00189	−0.00142	[26]*
2441547.52780	0.00216	0.00022	[40]
2444578.40650	0.00213	−0.00072	[40]
2447937.32623	0.00012	−0.00084	[1]*
2447002.51400	−0.00056	−0.00031	[57]
2447465.95088	−0.00095	−0.00008	[33]*
2447524.27580	−0.00252	−0.00108	[51]
2447898.25280	−0.00124	−0.00109	[47]
2448193.31730	−0.00016	−0.00046	[50]
2448306.53920	−0.00028	0.00096	[50]
2448481.51810	−0.00085	0.00110	[52]
2448536.41409	−0.00038	0.00142	[20]*
2448601.60190	−0.00100	0.00039	[49]
2448639.34195	−0.00162	−0.00059	[51]
2448869.22185	0.00328	−0.00014	[20]*
2448982.44110	0.00051	−0.00011	[20]
2449003.02680	0.00039	0.00016	[20]
2449236.33162	−0.00076	0.00116	[20]*
2449243.19312	−0.00120	0.00074	[25]*
2449332.39750	−0.00205	−0.00021	[20]
2449339.26000	−0.00149	0.00032	[20]*
2449610.31099	0.00285	0.00078	[20]*
2449634.32720	0.00227	−0.00052	[20]
2449771.56360	−0.00014	−0.00111	[52]
2449778.42637	0.00069	−0.00013	[20]*
2450056.33201	−0.00226	−0.00031	[20]*
2450063.19370	−0.00252	−0.00057	[20]
2450423.45052	0.00242	0.00013	[20]*
2450519.51780	0.00252	0.00008	[58]
2452365.37530	−0.00214	−0.00065	[59]
2452547.21702	−0.00186	0.00001	[25]*
2452564.37100	−0.00274	−0.00094	[22]
2453679.44360	0.00434	0.00110	[55]
2453830.40500	0.00302	0.00266	[60]
2457762.29730	0.00227	−0.00044	[24]
2457769.16020	0.00323	0.00072	[24]
2458825.89474	−0.00150	0.00009	[34]*
2459560.12284	−0.00136	−0.00041	ДР
2459673.34424	−0.00203	−0.00022	ДР

Примечание. Обозначено: ДР – данная работа; * – моменты минимумов, заново определенные из оригинальных наблюдений с использованием модели двойной затменной звезды, найденной в данном исследовании.

ными формулами для предвычисления моментов минимумов при эллиптических орбитах:

$$T_{\min} = M_0 + PE \mp 2 \frac{P}{2\pi} e \cos \omega + \frac{P}{2\pi} \frac{1 + 2\sqrt{1-e^2}}{(1 + \sqrt{1-e^2})^2} \sin 2\omega \pm \pm \frac{2}{3} \frac{P}{2\pi} e^3 \frac{1 + 3\sqrt{1-e^2}}{(1 + \sqrt{1-e^2})^3} \cos 3\omega \quad (5)$$

В результате было получено несколько большее значение скорости апсидального вращения $\dot{\omega}_{\text{obs}} = 0.27^\circ/\text{год}$. При этом ситуация с разбросом остаточных уклонений $O - C$ не улучшилась. Если брать скорость изменения эксцентриситета постоянной, то аппроксимирующая линия в пределах интервала времени наблюдений по-прежнему остается прямой линией. Прогрессивное увеличение эксцентриситета уменьшает ее наклон при постоянной скорости увеличения долготы периастра. Остаточные уклонения по-прежнему показывали систематические уклонения. Поэтому вместо каких-либо гипотез о законах изменения эксцентриситета и долготы периастра были взяты эмпирические значения эксцентриситета и долготы периастра для каждой эпохи наблюдений (табл. 10) и построен соответствующий график (см. рис. 7).

Из этого графика видно, что в эпоху, лежащую между наблюдениями Хилдитча (1969 г.) и Халиуллина и Козыревой (1983 г.), эксцентриситет и долгота периастра менялись быстрее, чем в последующую эпоху, т.е. скорость изменения указанных параметров меняется. Этот факт подтверждается и графиком $O - C$ для моментов минимумов. При включении в расчет $O - C$ текущих значений e и ω , получаемых интерполяцией табл. 10, разброс уменьшается. Таким образом, в каждый момент времени мгновенная скорость апсидального вращения разная. За весь период фотоэлектрических наблюдений среднюю скорость апсидального вращения можно вычислить линейной регрессией табл. 10. Получено среднее значение $\dot{\omega}_{\text{obs}} = 0.38 \pm 0.02^\circ/\text{год}$. Это значение на 14% меньше теоретического значения, вычисленного для параметров звезд-компонентов, полученных в данном исследовании, и для условия синхронизма в периастре: $\dot{\omega}_{\text{theor}} = 0.44 \pm 0.03^\circ/\text{год}$. Расхождение, как видим, уже не такое критическое. К тому же это значение является средним для последних 54 лет наблюдений. Значение скорости апсидального вращения для другого интервала времени может оказаться ближе к теоретическому. Например, в интервале между наблюдениями Хилдитча (1970 г.) и

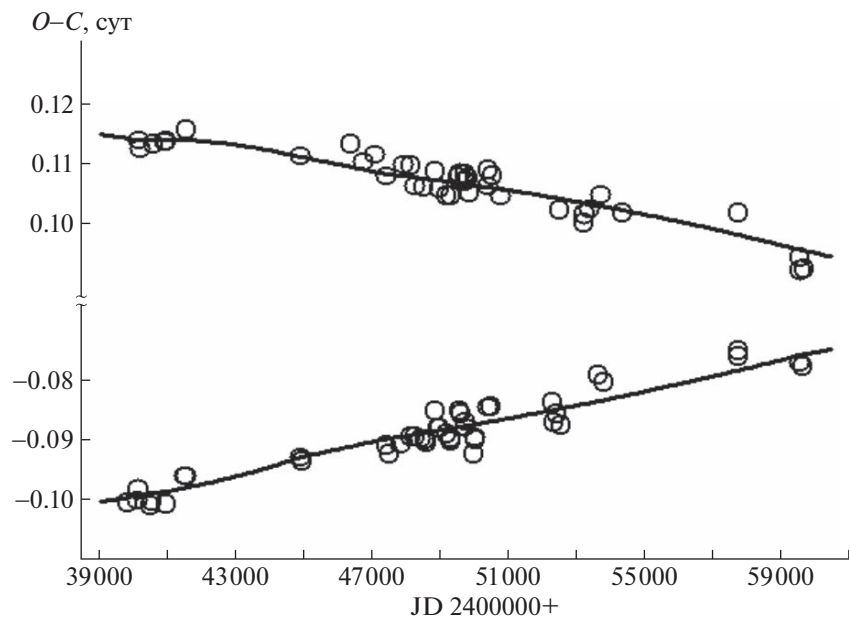


Рис. 6. Остаточные уклонения моментов минимумов AS Cam от линейной формулы при $P_1 = P_2 = P_s$, где P_s – сидерический период. Главные минимумы лежат выше, вторичные – ниже. Ошибки определения моментов меньше размеров кружков. Сплошные линии соответствуют эмпирическому закону изменений эксцентриситета и долготы периастро и визуально близки к прямым линиям. Световое уравнение на данном графике немного увеличивает разброс наблюдательных точек.

Халиуллина и Козыревой (1983 г.) скорость апсидального вращения была выше теоретической: $\dot{\omega}_{\text{obs}} = 0.56 \pm 0.05^\circ/\text{год}$.

6. ПАРАМЕТРЫ ОРБИТЫ ТРЕТЬЕГО ТЕЛА

Остаточные уклонения $O - C$ после вычета апсидального вращения приведены в столбце ϵ_1 табл. 8, 9 и на рис. 8. Воспользовавшись программой поиска периодов [61], в этих уклонениях был найден период, близкий к 805 сут, который, вероятно, связан с присутствием в системе третьего тела. После этого была применена программа поиска параметров орбиты спутника, как это было сделано при поиске невидимого спутника в работе [62]. В результате были получены параметры

орбиты третьего тела и оценка его массы. Данные приведены в табл. 11. Остаточные уклонения после вычета светового уравнения в моментах минимумов приведены в столбце ϵ_2 табл. 8, 9. Вероятно, наблюдаемые изменения эксцентриситета и угла наклона орбиты системы являются следствием влияния третьего тела. Причем в данном случае совсем не обязательно, чтобы орбиты третьего тела и двойной затменной системы были взаимно перпендикулярны. Замедления апсидального вращения нет. Реально наблюдаемое движение близко теоретическому. Вследствие того, что угол наклона двойной тоже меняется, орбита третьего тела скорее всего не лежит в одной плоскости с орбитой затменной системы. В спектральных наблюдениях линии спутника пока не обнаружены. Небольшое количество третьего

Таблица 10. Долгота периастро и эксцентриситета AS Cam, полученные в разные эпохи

JD	$\omega, ^\circ$	e	Ссылка
2440204	224.8(4)	0.1379(9)	[23], фотометрия
2441000	225.4(5)	0.1323(10)	[18], спектры
2444939	232.1(1)	0.1512(11)	[1], фотометрия
2449341	234.0(4)	0.1501(13)	[25], фотометрия
2454400	241.5(19)	0.164(4)	[17], спектры
2458824	242.3(4)	0.1697(12)	TESS [34], фотометрия
2459600	243.7(1)	0.1739(6)	ДР, фотометрия

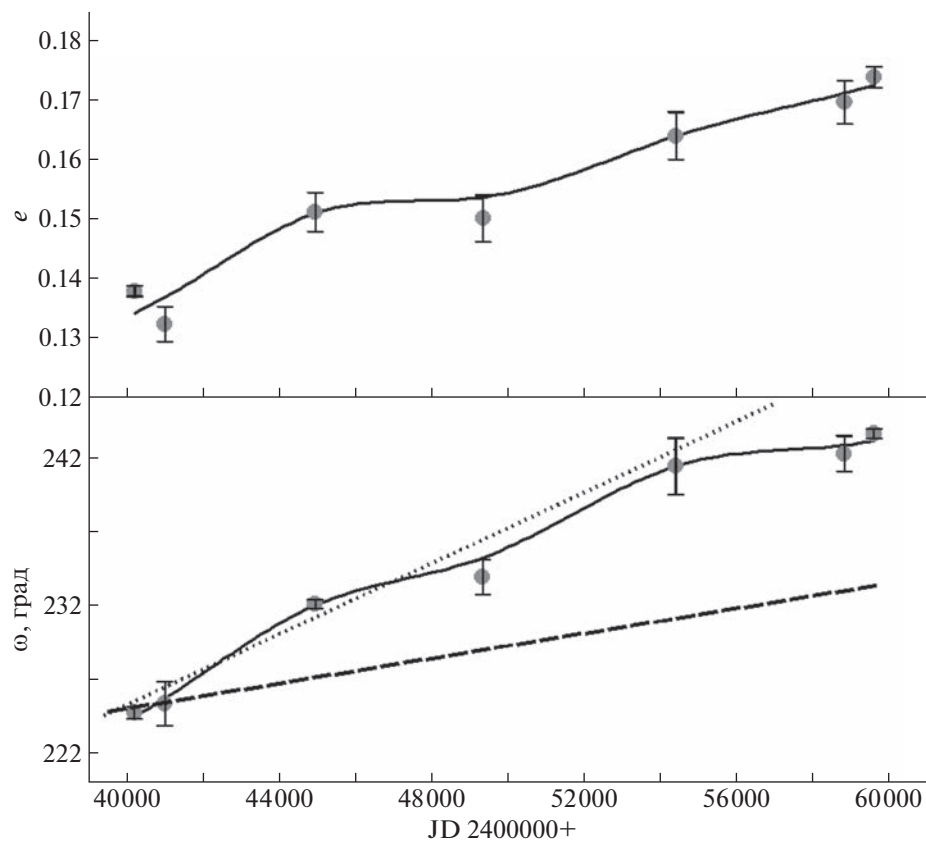


Рис. 7. Изменения эксцентриситета и долготы периастра со временем. Короткий пунктир — теоретическое значение скорости апсидального движения. Пунктир — старое значение.

света, обнаруженное в настоящей работе, возможно, действительно принадлежит невидимому спутнику. Исходя из светимостей компонентов двойной из табл. 7, доля третьего тела сол-

Таблица 11. Параметры апсидального движения и орбиты третьего тела AS Cam

Параметр	Величина
T_0 , HJD	2459 716.4227(9)
P_s , сут	3.4309669(1)
e	0.1739(6)
$\dot{\omega}$, °/год	0.38(2)
ω_0 , °	243.5(1)
U , годы	950 ± 50
P_3 , сут	805.8(2)
ω_3 , °	88.0(3)
e_3	0.70(1)
T_3 , HJD	2459 336.0(5)
$a_{12} \sin i_3$, a.e.	0.471(6)
$M_3 \sin i_3$, $M_\odot$	0.968(6)
σ , сут	0.00093

нечной массы должна была бы быть $L_{3V} = 0.01$. Среднее значение из полученных решений равно $L_{3V} = 0.009$, что на первый взгляд говорит о коллинеарности орбит. Но если принять возраст третьего тела равным возрасту двойной системы (140 млн. лет), то светимость тела солнечной массы будет меньше, и тогда масса третьего тела вполне может быть больше солнечной, и его орбита будет наклонена к орбите двойной. Противоречий в полученной динамической модели системы нет и для объяснения надежно измеренного в данной работе светового уравнения не нужно привлекать гипотезы с релятивистским объектом или выстраивать сложные четверные конструкции. Достаточно присутствия в системе обычной молодой звезды относительно небольшой массы.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ фотоэлектрических и спектральных наблюдений AS Cam показал, что в системе наблюдается увеличение эксцентриситета и долготы периастра и, возможно, угла наклона орбиты к лучу зрения. Ответственность за изменения параметров несет третье тело с массой, несколько пре-

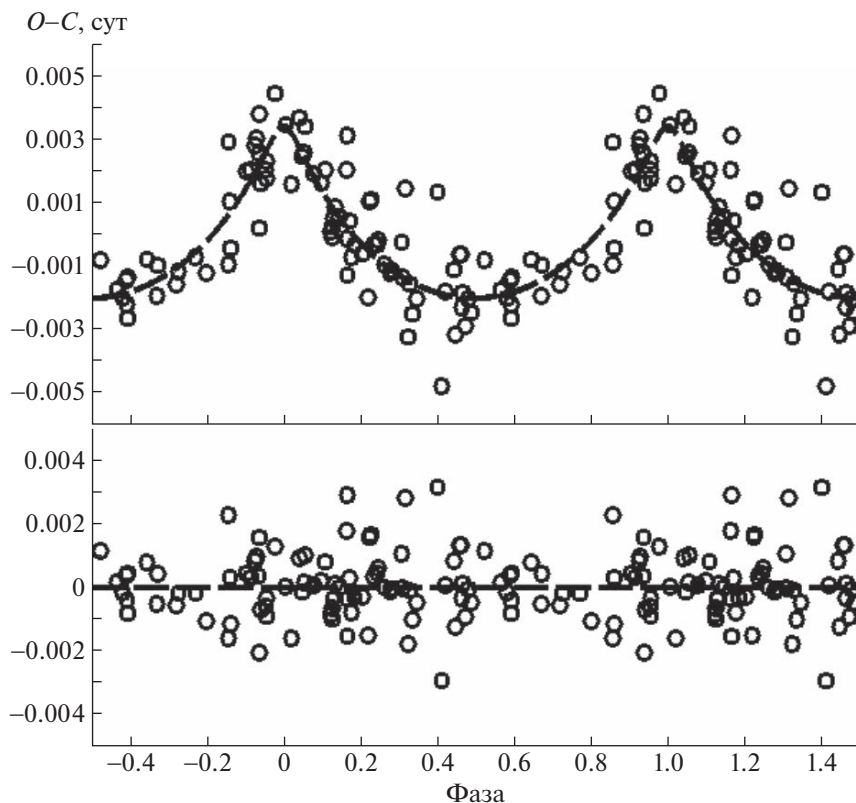


Рис. 8. Фазовая кривая остаточных уклонений моментов минимумов после вычитания апсидального вращения (верхняя панель). Черная штриховая линия соответствует полученным в данном исследовании параметрам орбиты третьего тела. Остаточные уклонения после вычитания светового эффекта представлены на нижней панели, разброс соответствует Гауссовому распределению ошибок с $\sigma = 0.00093$ сут. Отметим, что при линейной аппроксимации моментов минимумов среднее уклонение было в два раза больше: $\sigma_{\text{лин}} = 0.0020$ сут.

вышающей солнечную. Определены надежные геометрические и физические параметры затменной звезды, найдены параметры орбиты третьего тела. Показано, что противоречий между теоретической и наблюдаемой скоростями апсидального вращения не наблюдается. Непосредственные измерения долготы периастра показали, что долгота периастра увеличивается неравномерным образом и в среднем за 54 года наблюдений примерно соответствует теоретическому значению в условиях синхронизма. Главный компонент системы оказался переменной звездой типа SBC, пульсирующей в двух обертонах, один из которых может временами исчезать. Для мониторинга изменений параметров орбиты с целью построения точной математической модели требуются дальнейшие систематические наблюдения системы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Наблюдения выполнены в основном на 27-см автоматическом телескопе обсерватории ИНАСАН. В работе использовались база данных SIMBAD Страсбург-

ского центра астрономических данных (Франция) и служба библиографических ссылок ADS (NASA, США). Приношу свою искреннюю благодарность анонимному рецензенту, чьи замечания позволили значительно улучшить качество статьи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа была выполнена при поддержке стипендии Словацкого академического информационного агентства SAIA (www.saia.sk).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. F. Khaliullin and V. S. Kozyreva, *Astrophys. Space Sci.* **94**, 115 (1983).
2. J. W. Moffat, *Phys. Rev. D* **19**, 3554 (1979).
3. J. W. Moffat, *Astrophys. J. Letters* **287**, L77 (1984).
4. J. W. Moffat, *Phys. Rev. D* **39**, 474 (1989).
5. D. I. Martynov and K. F. Khaliullin, *Astrophys. Space Sci.* **71**, 147 (1980).
6. K. F. Khaliullin, S. A. Khodykin, and A. I. Zakharov, **375**, 314 (1991).
7. S. A. Khodykin and V. G. Vedeneyev, **475**, 798 (1997).

8. *S. A. Khodykin, A. I. Zakharov, and W. L. Andersen*, **615**, 506 (2004).
9. *L. V. Mossakovskaya*, *Astron. Letters* **19**, 35 (1993).
10. *E. Guinan, M. Bonaro, S. Engle, and A. Prsa*, *J. AAVSO* **40**, 417 (2012).
11. *I. M. Volkov, D. Chochol, J. Grygar, M. Jelinek, et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 6066, 1 (2013).
12. *I. M. Volkov, D. Chochol, J. Grygar, M. Mašek, and J. Juryšek*, *Contrib. Astron. Observ. Skalnaté Pleso* **47**, 29 (2017).
13. *N. I. Shakura*, *Soviet Astron. Letters* **11**, 224 (1985).
14. *S. Albrecht, S. Reffert, I. A. G. Snellen, and J. N. Winn*, *Nature* **461**, 373 (2009).
15. *D. B. McLaughlin*, *Publ. Michigan Observ.* **5**, 91 (1934).
16. *I. M. Volkov*, *Astrophys. Space Sci.* **296**, 105 (2005).
17. *K. Pavlovski, J. Southworth, and V. Kolbas*, *Astrophys. J. Letters* **734**, id. L29 (2011).
18. *R. W. Hilditch*, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **84**, 519 (1972).
19. *F. P. Maloney, E. F. Guinan, and P. T. Boyd*, *Astron. J.* **98**, 1800 (1989).
20. *V. S. Kozyreva, A. I. Zakharov, and K. F. Khaliullin*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 4690, 1 (1999).
21. *V. S. Kozyreva and K. F. Khaliullin*, *Astron. Rep.* **43**, 679 (1999).
22. *Z. Bozkurt and Ö. L. Değirmenci*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **379**, 370 (2007).
23. *R. W. Hilditch*, *Mem. Roy. Astron. Soc.* **76**, 1 (1972).
24. *V. Kozyreva, A. Kusakin, and A. Bogomazov*, *Res. Astron. and Astrophys.* **18**(1), id. 010 (2018).
25. *V. S. Kozyreva and A. I. Zakharov*, *Astron. Letters* **32**, 313 (2006).
26. *T. D. Padalia and R. K. Srivastava*, *Astrophys. Space Sci.* **38**, 87 (1975).
27. *C. H. Lacy*, *Astron. J.* **104**, 801 (1992).
28. *P. J. Flower*, **469**, 355 (1996).
29. *V. Straižys*, *Multicolor stellar photometry* (Tucson: Pachart Pub. House, 1992).
30. *J. C. Mermilliod, M. Mermilliod, and B. Hauck*, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **124**, 349 (1997).
31. *G. M. Green, E. F. Schlafly, D. P. Finkbeiner, H.-W. Rix, et al.*, *Astrophys. J.* **810**, id. 25 (2015).
32. *C. H. S. Lacy*, *Astron. J.* **124**, 1162 (2002).
33. *H. C. Lines, R. D. Lines, Z. Glownia, and E. F. Guinan*, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **101**, 925 (1989).
34. *K. G. Stassun, R. J. Oelkers, M. Paegert, G. Torres, et al.*, *Astron. J.* **158**(4), id. 138 (2019).
35. *I. M. Volkov, N. S. Volkova, and D. Chochol*, *Astron. Rep.* **54**, 418 (2010).
36. *I. M. Volkov, N. S. Volkova, I. V. Nikolenko, and D. Chochol*, *Astron. Rep.* **55**, 824 (2011).
37. *I. M. Volkov, D. Chochol, and A. S. Kravtsova*, *Astron. Rep.* **61**, 440 (2017).
38. *I. M. Volkov and A. S. Kravtsova*, *Astron. Rep.* **64**, 211 (2020).
39. *M. A. Burlak, I. M. Volkov, and N. P. Ikonnikova*, *Contrib. Astron. Observ. Skalnaté Pleso* **48**, 536 (2018).
40. *O. Gulmen, C. Ibanoglu, S. Bozkurt, and N. Gudur*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 1090, 1 (1976).
41. *R. A. Wade and S. M. Rucinski*, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **60**, 471 (1985).
42. *L. A. Bagaev, I. M. Volkov, and I. V. Nikolenko*, *Astron. Rep.* **62**, 664 (2018).
43. *P. De Cat*, in *IAU Colloq. 185 Radial and Nonradial Pulsations as Probes of Stellar Physics*, edited by C. Aerts, T. R. Bedding, and J. Christensen-Dalsgaard, *Astron. Soc. Pacific Conf. Ser.* **259**, 196 (2002).
44. *L. Girardi, A. Bressan, G. Bertelli, and C. Chiosi*, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **141**, 371 (2000).
45. *D. Y. Martynov*, *Eclipsing Variable Stars* (New York: John Wiley and Sons, 1973).
46. *K. F. Khaliullin and A. I. Khaliullina*, *Astron. Rep.* **33**, 41 (1989).
47. *J. Krzesinski, E. Kuczawska, and G. Pajdosz*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 3495, 1 (1990).
48. *P. Battistini, A. Bonifazi, and A. Guarnieri*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 951, 1 (1974).
49. *D. B. Caton and W. C. Burns*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 3900, 1 (1993).
50. *W. Ogoza*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 4263, 1 (1995).
51. *T. Hegedus, I. B. Biro, T. Borkovits, and Z. Paragi*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 4340, 1 (1996).
52. *M. Wolf, L. Sarounova, and R. Diethelm*, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **116**, 463 (1996).
53. *G. Samolyk*, *J. AAVSO* **39**, 177 (2011).
54. *R. Diethelm*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 5653, 1 (2005).
55. *I. B. Biro, T. Borkovits, S. Csizmadia, T. Hegedus, et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 5684, 1 (2006).
56. *L. Brát, L. Šmelcer, H. Kuèáková, R. Ehrenberger, et al.*, *Open European J. Var. Stars* **0094**(1), 1 (2008).
57. *E. Pohl, E. Hamzaoglu, N. Gudur, and C. Ibanoglu*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 2385, 1 (1983).
58. *I. B. Biro, T. Borkovits, T. Hegedus, and Z. Paragi*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 4555, 1 (1998).
59. *T. Borkovits, I. B. Biro, T. Hegedus, S. Csizmadia, et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 5313, 1 (2002).
60. *I. B. Biro, T. Borkovits, T. Hegedus, Z. T. Kiss, et al.*, *Inform. Bull. Var. Stars* № 5753, 1 (2007).
61. *I. M. Volkov*, *Peremennye Zvezdy* **42**, 1 (2022).
62. *I. M. Volkov, A. S. Kravtsova, and D. Chochol*, *Astron. Rep.* **65**, 184 (2021).

ЗВЕЗДНАЯ СТРУКТУРА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБЛАСТИ МЕЧА ОРИОНА

© 2023 г. С. В. Верещагин^{1,*}, Н. В. Чупина¹

¹ Институт астрономии РАН, Москва, Россия

*E-mail: svvs@ya.ru

Поступила в редакцию 12.08.2022 г.

После доработки 20.01.2023 г.

Принята к публикации 24.01.2023 г.

По данным каталогов Gaia DR3 проанализирована принадлежность звезд группы 189 ([1]), расположенных в северной части области Меча Ориона, к рассеянному звездному скоплению (РЗС) NGC 1977. Для этого по собственным движениям (СД) и параллаксам проведена ревизия звездного состава северной части области Меча Ориона (вокруг центра РЗС NGC 1977). При этом захвачена часть РЗС NGC 1981, также расположенная в рассмотренной области. Представленный каталог ($n = 1041$) включает звезды-кандидаты как в состав NGC 1977, так в NGC 1981 с соответствующими вероятностями. Статус звезд группы 189 (Oricat 2836 и Oricat 2914) позволяет говорить об их вкладе в обнаруженное в этой области рентгеновское излучение. Рассмотрен вопрос о возможной гравитационной связанности пары NGC 1977–NGC 1981.

Ключевые слова: рассеянные звездные скопления, астрометрия, NGC 1977, NGC 1981, каталог Gaia DR3

DOI: 10.31857/S0004629923040047, **EDN:** QIMIWA

1. ВВЕДЕНИЕ

Весьма примечательно, что в пределах 1.5° вокруг Туманности Ориона есть несколько смежных и, вероятно, перекрывающихся в пространстве рассеянных звездных скоплений (РЗС) и групп молодых звезд (young stellar objects, YSO), выделяющихся по собственным движениям (СД). К последним относится хорошо известная группировка молодых звезд σ Orionis, (Caballero et al. 2019 [2]). Авторы [3] (Großschedl et al. 2021) проанализировали 6D фазовое пространство южного комплекса молекулярных облаков Ориона, используя данные Gaia и наблюдаемые YSO. Эти объекты все еще находятся близко к их родительскому облаку, имеют в среднем ту же радиальную скорость, что и газ. Расширение облаков в масштабе 100 пк [3] свидетельствует об их возникновении в начале формирования комплекса Ориона во время события большого взрыва в Орионе (Orion-BB).

Благодаря тесному соседству расположенных цепочкой РЗС NGC 1981, NGC 1977, NGC 1976, NGC 1980, не только некоторые звезды имеют спорную принадлежность к разным скоплениям, но и сами скопления сохраняют неоднозначность своих наименований (например, NGC 1977 и UBC 621). Исследование РЗС NGC 1981 и NGC 1977 проводилось (Tarricq, et al. 2021 [4], Castro-Ginard, et al. 2020 [5], Pang, et al. 2022 [6]). Ранее нами по пластинкам Таутенбургского астрографа

получен каталог Oricat [7], включающий собственные движения (СД) звезд в этой области.

В северной части области Меча Ориона расположена группа 189 ([1]). Именно в этой области обнаружено рентгеновское излучение (рис. 4 в Bouu, et al. 2014 [8]), что вызвало наш интерес к уточнению статуса группы 189. В данной работе рассмотрена задача определения статуса звезд группы 189 как возможного источника концентрации наблюдаемого рентгеновского излучения. Для этого по собственным движениям и параллаксам проведена ревизия звездного состава северной части области Меча Ориона. Поскольку группа 189 непосредственно примыкает к NGC 1977, то рассмотрена область неба вокруг центра РЗС NGC 1977. При этом часть РЗС NGC 1981 оказалась в рассмотренной области. Детально рассмотрены свойства звезд группы 189 (Oricat 2836 и Oricat 2914) и, как оказалось, эти звезды вносят вклад в обнаруженное в этой области рентгеновское излучение.

Структура распределения звезд в северной части области Меча Ориона усложнена тем, что в непосредственной близости к NGC 1977 с севера примыкает скопление NGC 1981. Это примыкание настолько близкое, что эти скопления, как мы покажем ниже, проникают друг в друга в пространстве. Представляет интерес вопрос о происхождении и возможной гравитационной связи пары NGC 1981 и NGC 1977. Для исследования этого вопроса нами использована

Таблица 1. Результат отождествления звезд группы 189 в каталогах Oricat и Gaia

Oricat	Gaia DR3 ID	Сп. класс	B	B-V	α (J2000) град	δ (J2000) град
17297	3209578276615162112 3209577937308816896	A0	10.21	0.32	83.8221383	−4.6798409
17298			14.81		83.8221221	−4.6815076
17318		A0	10.41	0.20	83.8263369	−4.6765477
2914			14.12	0.90	83.8660846	−4.7509328
2836			14.90	0.70	83.8471445	−4.7238488

Таблица 2. Данные Gaia DR3 для звезд Oricat 2836 и 2914

Oricat	2836	2914
ID Gaia DR3	3209577937308816896	3209578276615162112
$\pi \pm \sigma_\pi$, мсд	2.5087 ± 0.0136 , мс (398.61 пк)	2.5633 ± 0.0260 , мс (390.12 пк)
α , J2000	83.86608464038	83.84714445919
δ , J2000	−4.75093281765	−4.72384875977
$\mu_\alpha \pm \sigma_{\mu_\alpha}$, мсд/год	1.768 ± 0.012	1.180 ± 0.021
$\mu_\delta \pm \sigma_{\mu_\delta}$, мсд/год	$−0.752 \pm 0.011$	$−1.066 \pm 0.017$
$V_r \pm \sigma_{V_r}$, км/с	29.96 ± 32.70	22.15 ± 5.19
G , mag	13.164274	12.561725
BP-RP	1.52	1.52
RUWE	1.055	1.868
E(BP/RP)	1.276	1.285

диаграмма, связывающая разности пространственных скоростей и положений скоплений пары в пространстве, позволяющая оценить статус этой пары РЗС [9].

Работа организована следующим образом. В Разделе 2 рассмотрена пространственно-кинематическая структура, включающая NGC 1981, NGC 1977 и группу звезд 189. В Разделе 3 по данным Gaia сделаны оценки вероятности принадлежности звезд выбранной области к NGC 1977, части скопления NGC 1981 и группе 189. Рассмотрено влияние звезд фона. В Разделе 4 содержится обсуждение результатов, статуса звезд Oricat 2836 и Oricat 2914, а также сформулированы основные выводы.

2. СТРУКТУРА СЕВЕРНОЙ ОБЛАСТИ МЕЧА ОРИОНА

2.1. Группа 189

Группа звезд 189 (табл. 1) впервые выделена по СД из каталога Oricat [1]. Группа содержит 5 звезд. В результате отождествления звезд каталога Oricat (использован сервис X-Match) с Gaia DR2 [10] и Gaia DR3 [11] удалось найти данные Gaia только для двух звезд из группы 189. Это — Oricat 2836 и 2914. Звезды Oricat 17297, 17298, 17318, хотя и более яркие, в Gaia не найдены. В колонках табл. 1

приведены номера по каталогам [1] и [11], спектральный класс, звездная величина B , показатель цвета $B-V$, экваториальные координаты α , δ (J2000).

Данные для звезд Oricat 2836 и 2914 дополнены данными SIMBAD, см. табл. 2. В табл. 2 содержатся номер Oricat [1], ID Gaia DR3 [11], параллакс с ошибкой $\pi \pm \sigma_\pi$, экваториальные координаты α , δ (J2000), компоненты собственного движения с ошибками $\mu_\alpha \pm \sigma_{\mu_\alpha}$, $\mu_\delta \pm \sigma_{\mu_\delta}$, лучевая скорость с ошибкой $V_r \pm \sigma_{V_r}$, звездная величина G , показатель цвета BP-RP, астрометрический параметр RUWE (Renormalised Unit Weight Error), избыток цвета E(BP/RP).

2.2. Данные GAIA для NGC 1981 и NGC 1977

В табл. 3 и 4 для скоплений NGC 1981 и NGC 1977 приведены экваториальные координаты центра скопления (α , δ , (J2000)), лучевая скорость с ошибкой ($V_r \pm \sigma_{V_r}$), компоненты собственного движения с ошибками ($\mu_\alpha \pm \sigma_{\mu_\alpha}$, $\mu_\delta \pm \sigma_{\mu_\delta}$), параллакс с ошибкой ($\pi \pm \sigma_\pi$), радиус сферы, включающей 50% звезд скопления (r_{50}). Использована база данных SIMBAD.

Таблица 3. Параметры NGC 1981 (UBC 207, MWSC 0579)

Параметр	Значение	Источник
α , J2000	83.8480, град	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
δ , J2000	−04.4860, град	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
$V_r \pm \sigma_{V_r}$	27.9 ± 2.4 , км/с	Conrad et al. (2017) [13]
$\mu_\alpha \pm \sigma_{\mu_\alpha}$	1.086 ± 0.199 , мсд/год	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
$\mu_\delta \pm \sigma_{\mu_\delta}$	0.555 ± 0.474 , мсд/год	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
$\pi \pm \sigma_\pi$	2.544 ± 0.070 , мсд (393.08 пк)	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
r_{50}	0.232° (0.8 пк для $d = 400$ пк)	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]

Таблица 4. Параметры NGC 1977 (UBC 621, MWSC 0587)

Параметр	Значение	Источник
α , J2000	83.8150	SIMBAD
δ , J2000	−04.8190	SIMBAD
$V_r \pm \sigma_{V_r}$	$24.2 \pm 2,0$ км/с	Conrad et al. (2017) [13]
$\mu_\alpha \pm \sigma_{\mu_\alpha}$	1.271 ± 0.471 , мс/год	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
$\mu_\delta \pm \sigma_{\mu_\delta}$	$−0.753 \pm 0.503$, мс/год	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
$\pi \pm \sigma_\pi$	2.521 ± 0.069 , мс ($d = 396.67$ пк)	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]
r_{50}	0.128 deg (0.4 пк для $d = 400$ пк)	Cantat-Gaudin et al. (2020) [12]

2.3. Пространственно-кинематическая структура

На рис. 1 показано положение в пространстве звезд группы 189 и рассмотренных скоплений. Звезды Oricat 2836 и 2914 близки в пространстве как друг к другу (~0.2 пк), так и к скоплению NGC

1977 (~2 пк), рис. 1. Относительные ошибки расстояний скоплений от Солнца составляют ~2.7%. Использована прямоугольная галактическая гелиоцентрическая система координат, в которой ось X направлена к Центру Галактики ($l = 0^\circ$, $b = 0^\circ$), ось Y – в направлении вращения Галактики ($l = 90^\circ$, $b = 0^\circ$), ось Z – на Северный полюс Галактики ($b = 90^\circ$). Та же система координат и для пространственных скоростей.

Пространственные координаты XYZ (пк) и компоненты пространственной скорости UVW (км/с) рассмотренных объектов приведены в табл. 5. Они получены по данным табл. 2–4. Как видно на рис. 2, звезды и оба скопления движутся в пространстве приблизительно в одинаковом направлении. Следует отметить, что r_{50} представляют центральные части скоплений, полные их размеры в разы больше. Относительные ошибки расстояний скоплений от Солнца составляют ~2.7%.

2.4. Диаграмма δV – δR

Очевиден вопрос о том, каков статус рассмотренной пары РЗС. Наблюдаемые пары скоплений можно разделить на визуально двойные (ВДРС) и тесные двойные (ТДРС), (Vereshchagin, et al. 2022 [9]). Для этого используется диаграмма δV – δR , где δV – разность пространственных скоростей РЗС в паре, δR – разность положений центров скоплений в пространстве. Отметим, что ТДРС – это физически связанные скопления, к ним отнесены пары скоплений, расстояния между кото-

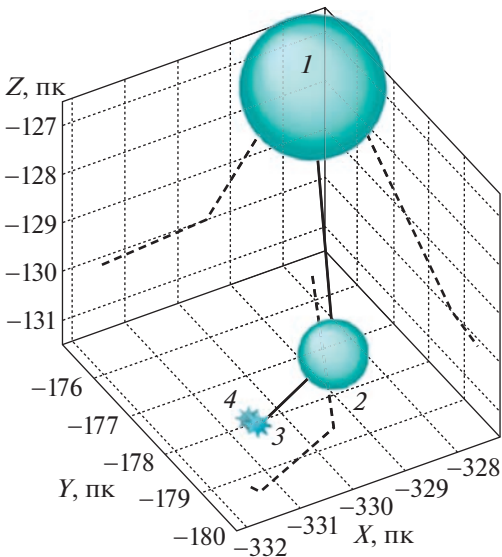


Рис. 1. Положения в пространстве NGC 1981 подписано цифрой 1, NGC 1977 – 2, Oricat 2836 – 3 и Oricat 2914 – 4. Точки соединены между собой для наглядности. Штриховыми линиями показаны проекции соединения точек на плоскости XY , YZ , XZ . Скопления представлены “шарами” с радиусами r_{50} , взятыми из табл. 3 и 4 соответственно.

Таблица 5. Компоненты пространственных координат и скоростей рассмотренных объектов

Имя объекта	X , пк	Y , пк	Z , пк	U , км/с	V , км/с	W , км/с
NGC 1981	–327.74	–175.53	–127.63	23.91	–12.81	–6.91
NGC 1977	–329.45	–178.65	–129.98	19.41	–13.19	–6.53
Oricat 2836	–331.34	–179.38	–130.12	24.25	–16.29	–7.58
Oricat 2914	–331.44	–179.18	–130.14	17.39	–12.59	–6.22

рыми и относительные скорости допускают гравитационную связанность пары.

По данным табл. 5 получены следующие параметры для пары NGC 1981–NGC 1977: $\delta R = 4.26$ пк ($\lg \delta R = 0.63$); $\delta V = 4.54$ км/с ($\lg \delta V = 0.66$). На рис. 3 приведена диаграмма $\delta V - \delta R$. Величина R_R представляет собой радиус сферы Роша пары РЗС в поле гравитации Галактики (см. [9]). Его значение получено, исходя из условия гравитационной связи двойного скопления в системе “двойное скопление–Галактика”. Радиус R_R равен:

$$R_R \cong 0.4(2m/M_{\text{Gal}})^{1/3} R \text{ (пк)}, \quad (1)$$

где m – масса скопления, M_{Gal} – масса Галактики ($1.0 \times 10^{11} M_{\odot}$; Carraro, Chiosi 1994 [14]; Bonatto

et al. 2005 [15]; Taylor, et al. 2016 [16]) в пределах ее радиуса R . При суммарной массе двойного скопления, равной $2m = 10^3 M_{\odot}$ и $M_{\text{Gal}} = 10^{11} M_{\odot}$, из (1) получено $R_R \approx 7$ пк. Очевидно, R_R может в несколько раз превосходить размеры самих скоплений. Таким образом, появляется шанс для рождения и существования ТДРС. Радиус сферы Роша для скоплений в физической паре рассмотрен также (Angelo, et al. 2021 [17]).

Важный фактор для оценки происхождения ТДРС – возраст скоплений в паре. Возраст NGC 1981 согласно (Cantat-Gaudin et al. 2020 [12]) составляет $\lg t = 7.18$ (15.14 млн лет), согласно каталогу одиночных звездных скоплений MWSC (Milky Way Star Clusters, Харченко и др. [18]) $\lg t = 7.11 \pm 0.001$ (12.8 млн. лет). Возраст NGC 1977

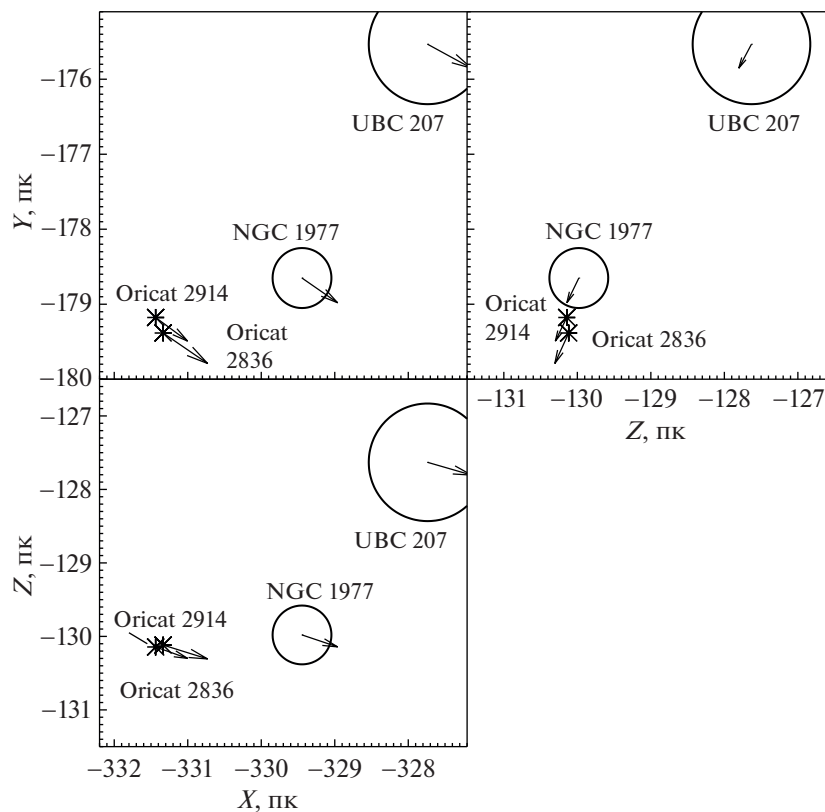


Рис. 2. Положения и компоненты вектора пространственной скорости исследуемых объектов в проекциях XY , YZ и XZ . Круги имеют радиусы r_{50} , взятые из табл. 3 и 4.

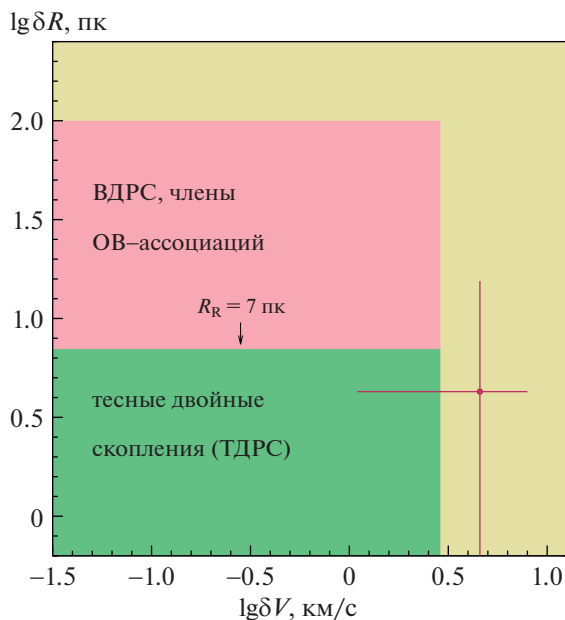


Рис. 3. Диаграмма, позволяющая идентифицировать пары РЗС. Закрашены разным цветом области, в которых расположены пары РЗС различного статуса: тесные двойные скопления — гравитационно связанные пары (зеленый цвет), визуально-двойные пары — члены одной ассоциации (розовый цвет) и случайно визуально близко расположенные пары (коричневая область справа и вверх). Точкой ($\lg \delta R = 0.63$, $\lg \delta V = 0.66$) с барами ошибок показано положение пары NGC 1981-NGC 1977. Бары ошибок ($0.58 \leq \lg \delta R \leq 0.67$; $0.61 \leq \lg \delta V \leq 0.70$) получены, исходя из ошибок параллакса и скорости, приведенных в табл. 3 и 4, ($\sigma_{\delta R} = (2\sigma_{\pi}/\pi^2)^{1/2}$ и $\sigma_{\delta V} = (2\sigma_{\delta V})^{1/2}$). Отметим, что бары ошибок носят оценочный характер, отражая качество измерений, вероятно, по минимуму.

согласно [12] $\lg t = 7.99$ (97.7 млн лет). Другая оценка составляет 3 млн лет, [6]. По MWSC [18] возраст скопления NGC 1977 $\lg t = 6.600$ (4 млн лет). Близкая оценка $\lg t = 6.721 \pm 0.064$ (5.3 млн лет) получена (Monteiro, et al. 2020 [19]). Очевидно, что приведенные оценки не позволяют говорить о сходстве этих РЗС по возрасту и, следовательно, природа их возможной физической связанности нуждается в уточнении из-за неопределенности оценок возраста.

3. ВЫБОР ЗВЕЗД СЕВЕРНОЙ ОБЛАСТИ МЕЧА ОРИОНА И ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К РЗС

3.1. Диаграмма параллакс—звездная величина

Данный раздел включает последовательность шагов выбора звезд на небе, анализ распределения звезд по параллаксам и диаграммы собствен-

ных движений. Итогом является оценка вероятности принадлежности звезд РЗС.

Шаг 1. Сделан отбор звезд по положению на небе (экваториальным координатам) и параллаксам. Из каталога Gaia DR3 выбраны звезды в области неба с центром $\alpha = 83.815^\circ$, $\delta = -4.819^\circ$ (центр NGC 1977, табл. 4) и радиусом 0.35° (≈ 2.5 пк на расстоянии 400 пк), [1]. Взяты звезды, для которых в Gaia определены параллакс и звездная величина G . Число таких звезд оказалось равным $n = 2349$.

Выбранные звезды на диаграмме “параллакс — звездная величина” показаны на рис. 4а. На рис. 4а хорошо заметны две группы звезд, выделяющиеся по максимумам распределения: звезды поля и звезды скоплений. С помощью этой диаграммы первоначальная выборка ограничена интервалом расстояний звезд от Солнца (d) в пределах $200 \leq d \leq 600$ пк ($\pi = 1.67-5.0$ мсд). Расстояния получены по параллаксам Gaia DR3 как величина, обратная параллаксу. В результате выборка уменьшилась до $n = 1041$.

Выбранные звезды на диаграмме “ $\alpha - \delta$ ” показаны на рис. 4б. На рис. 4б выделены звезды скоплений UBC 207 (NGC 1981 согласно SIMBAD) и UBC 621 (NGC 1977 согласно SIMBAD), данные о которых взяты из (Castro-Ginard, et al. 2020 [5]) — для UBC 621 и UBC 207, и скопления NGC 1977 — из (Tarricq, et al. 2021 [4]), где они отобраны машинным методом. Имена скоплений даны согласно авторам указанных статей.

Диаграмма “параллакс — звездная величина” для нашей выборки (после исключения звезд поля) приведена на рис. 5, где также нанесены звезды из списков (Castro-Ginard, et al. 2020 [5] и Tarricq, et al. 2021 [4]).

1) Сравнение показало, списки авторов Tarricq, et al. (2021) [4] и Castro-Ginard, et al. (2020) [5] не содержат звезды с $G > 17^m$.

2) На рис. 5 РЗС NGC 1977 (UBC 621 в [5]) и NGC 1981 (UBC 207 в [5]) имеют близкие параллаксы и не имеют четкой границы раздела по параллаксам.

UBC 621 — это NGC 1977? Проведено отождествление звезд списков UBC 621 (Castro-Ginard, et al. 2020 [5]) (UBC 207 также входит в [5], о чем речь пойдет ниже) и NGC 1977 (Tarricq, et al. 2021 [4]) с нашей выборкой ($n = 1041$). Оказалось, что:

1) Список звезд NGC 1977 из [4] ($n = 74$) полностью входит в список звезд UBC 621 из [5], ($n = 115$).

2) Из списка [4] для NGC 1977 ($n = 74$) попали в нашу выборку 68 звезд.

3) Из списка [5] для UBC 621 ($n = 115$) попали в нашу выборку 107 звезд.

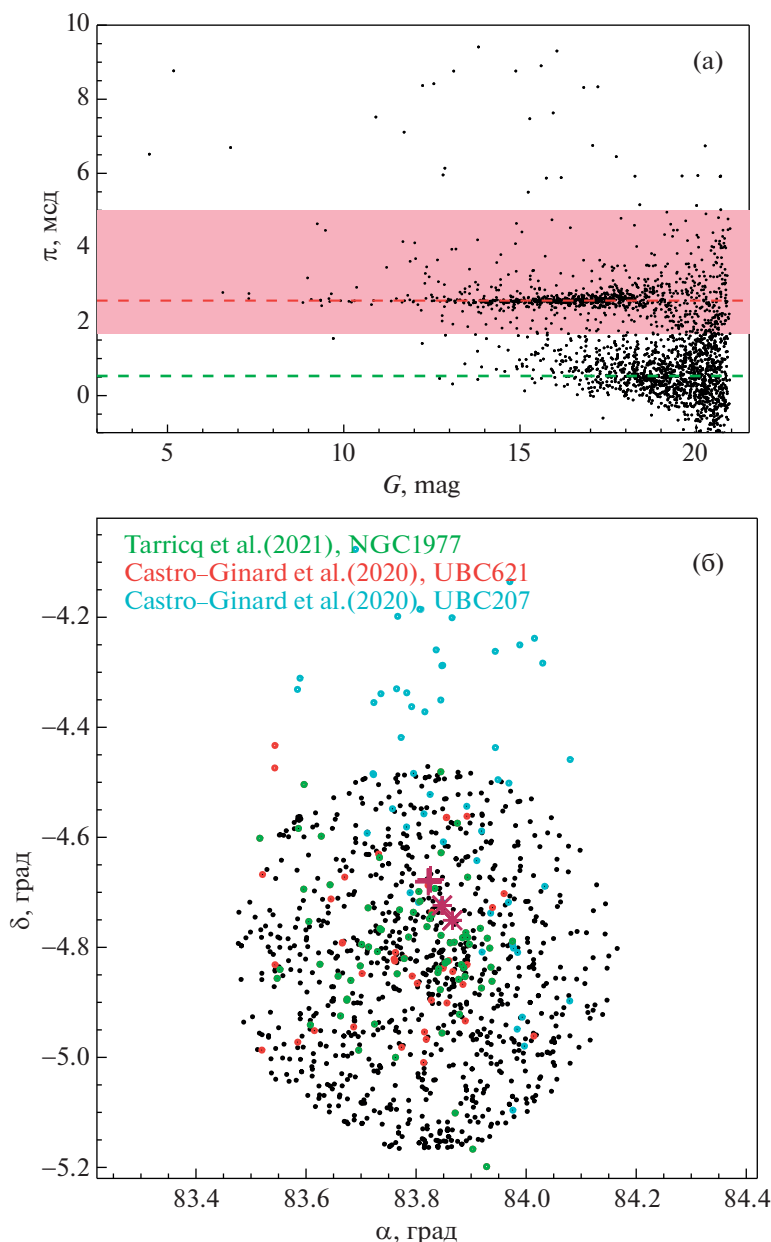


Рис. 4. а) Диаграмма “параллакс — звездная величина” для звезд в области с центром $\alpha = 83.815^\circ$, $\delta = -4.819^\circ$ и радиусом 0.35° . Зеленая штриховая линия, проведенная через максимум нижнего распределения, соответствует $\pi = 0.53$ мсд ($d = 1886$ пк), это звезды поля. Красная заливка показывает границы ($\pi = 1.67\text{--}5.0$ мсд), использованные для отбора звезд для дальнейшего исследования. Положение максимума распределения показано красной штриховой линией ($\pi = 2.56$ мсд, $d = 390.6$ пк). б) Распределение звезд ($n = 1041$) на небесной сфере в экваториальной системе координат. Черные точки — звезды нашей выборки, $n = 1041$. Красными, зелеными и голубыми точками (поверх черных в случае совпадения координат) нанесены звезды из списков авторов, указанных соответствующим цветом вверху рисунка. Приведены имена РЗС, данные авторами соответствующих работ, ссылки на которые приведены на рисунке.

Таким образом, можно говорить о дублировании названий NGC 1977 и UBC 621. Отметим, что по (Monteiro, et al. 2020 [19]) РЗС UBC 621 и NGC 1977 представляют собой одно и то же скопление. Список (Pang, et al. 2022 [6]) для NGC 1977 и сравнение его данных с нашими и других авторов также представляет интерес, хотя он попал в наше поле зрения после завершения данной работы.

UBC 207 — это NGC 1981? Оказалось, что звезды UBC 207 выходят за рамки выбранной нами области неба, что хорошо видно на рис. 4б. Скорее всего они входят в состав NGC 1981, центр которого располагается примерно на $20'$ севернее центра NGC 1977 (рис. 1). Из списка (Castro-Ginard, et al. 2020 [5]) для UBC 207 ($n = 55$) попали в нашу выборку 28 звезд.

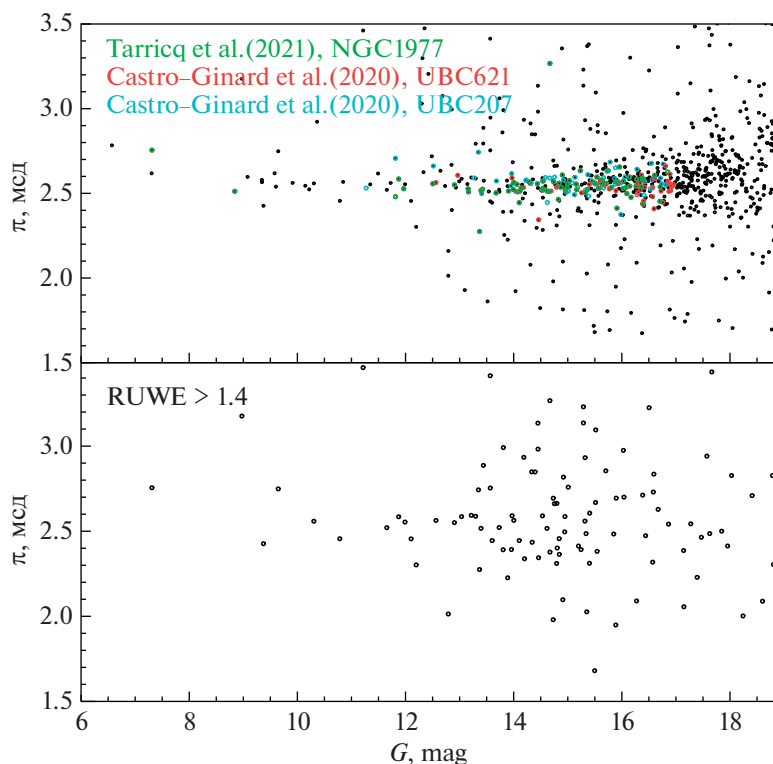


Рис. 5. Диаграмма “параллакс — звездная величина”. На верхней панели цветом показаны точки, представляющие звезды из списков разных авторов (подписаны в левом верхнем углу). Черными точками показаны звезды нашей выборки ($n = 1041$). Отметим, что в случае совпадения координат черные точки закрашены соответствующим цветом. На нижней панели — звезды с $\text{RUWE} \geq 1.4$ ($n = 127$).

Шаг 2. Диаграмма СД выборки, полученной на Шаге 1 ($n = 1041$), показана на рис. 6. Там же нанесены звезды из списков (Castro-Ginard et al. 2020 [5] и Tarricq et al. 2021 [4]). Как видно на рис. 6, в верхней части располагается NGC 1981 (UBC 207), в нижней — NGC 1977 (UBC 621). Разделение этих скоплений можно заметить по СД (рис. 6), тогда как на небесной сфере (рис. 4б) они пересекаются. На рис. 7 показана диаграмма СД, где показаны положения средних СД. Используемые нами положения СД РЗС (рис. 7) в пределах ошибки совпадают с приведенными средними СД SIMBAD соответствующих скоплений в табл. 3 и 4: для NGC 1977: $\bar{\mu}_\alpha = 1.277$ мсд/год, $\bar{\mu}_\delta = -0.800$ мсд/год. Для NGC 1981: $\bar{\mu}_\alpha = 1.152$ мсд/год, $\bar{\mu}_\delta = 0.524$ мсд/год. На рис. 7 на правой панели также показаны звезды с $\text{RUWE} > 1.4$. Очевидно их влияние не велико.

Следует отметить, что средние положения выбранных центров РЗС влияют на процесс определения вероятностей на Шаге 3. Как могут повлиять звезды с $\text{RUWE} \geq 1.4$ на средние СД? Значение перенормированной ошибки единичного веса (RUWE), определяемой Lindegren, et al. [20], приведено в каталогах Gaia, и рекомендовано звезды с $\text{RUWE} > 1.4$ исключить из выборки. У таких

звезд возможна неразрешенная двойственность или присутствуют проблемы с определением астрометрических параметров, которые не укладываются в модель одиночной звезды. Поскольку в группе 189 могут быть звезды с $\text{RUWE} > 1.4$ (что будет видно ниже), мы решили не исключать их из нашего каталога. Это обусловлено также тем, что 1) использованные нами оценки средних СД практически совпадают с данными SIMBAD и 2) присутствие этих звезд не влияет на вычисление вероятности принадлежности звезды скоплению.

Шаг 3. Оценка вероятности принадлежности звезды к РЗС. Вероятность P_μ^i вхождения i -й звезды в состав скопления, определенная по СД, вычислена с помощью классической методики изложенной (Kharchenko, et al. 2004 [21], Kharchenko, et al. 2012 [22], Vasiliev 2019 [23]):

$$P_\mu = e^{-\frac{1}{2} \left(\left(\frac{\mu_\alpha - \bar{\mu}_\alpha}{\epsilon_\mu} \right)^2 + \left(\frac{\mu_\delta - \bar{\mu}_\delta}{\epsilon_\mu} \right)^2 \right)}, \quad (2)$$

где средние значения СД $\bar{\mu}_\alpha$, $\bar{\mu}_\delta$ определены нами выше для NGC 1977 и NGC 1981. Величины μ_α , μ_δ представляют собой индивидуальные СД по прямому восхождению и склонению соответственно.

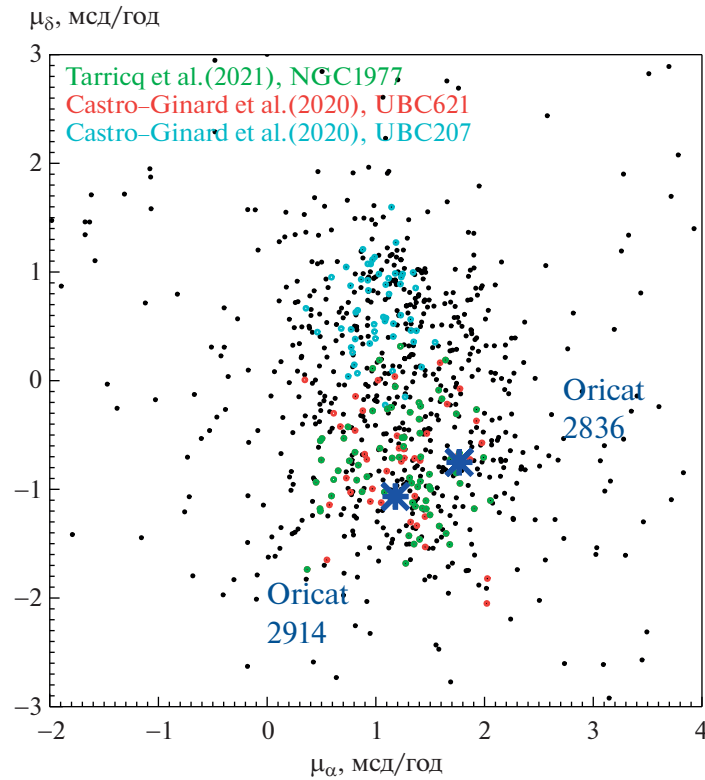


Рис. 6. Диаграмма собственных движений. Используются звезды, попавшие в область вокруг центра NGC 1977, (“круг”) занятый черными точками на рис. 46). Это означает, что в нашу область NGC 1981 попало лишь частично. Цветами обозначены звезды, входящие в состав разных РЗС по данным авторов, указанных сверху рисунка. Синими звездочками показаны звезды Oricat 2836 и 2914. По СД эти звезды расположены ближе к центру области NGC 1977 – зеленые точки (UBC 621 – красные точки).

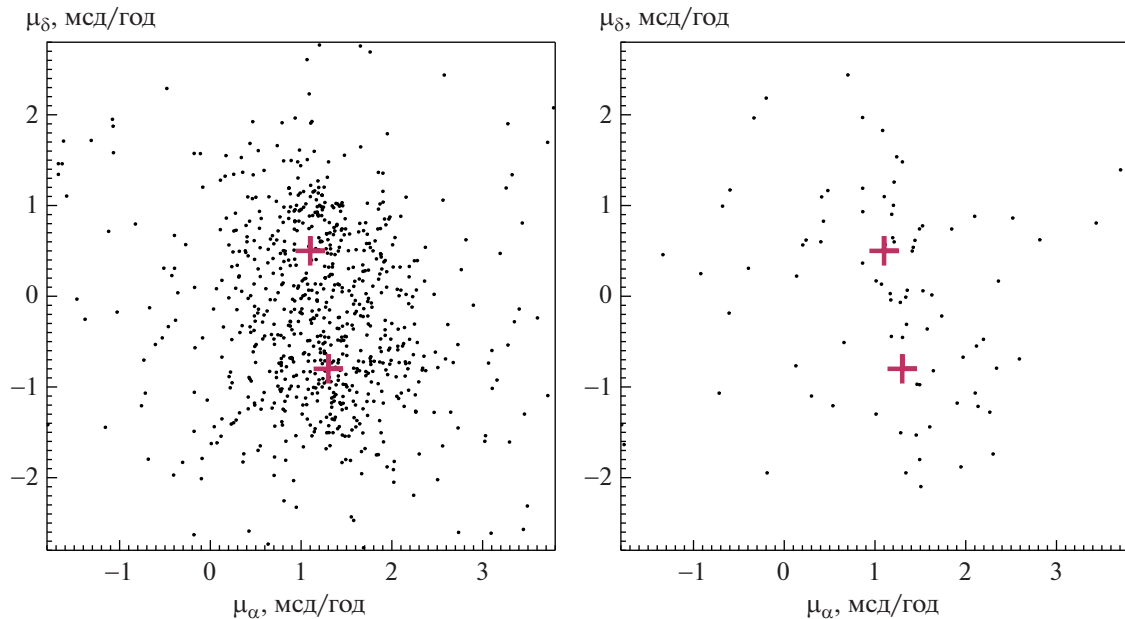


Рис. 7. На левой панели диаграмма СД для звезд нашей выборки ($n = 1041$). Вверху – область NGC 1981 (UBC 207), внизу – NGC 1977 (UBC 621). Крестиками показаны центры областей сгущения точек. Положение центров на диаграмме СД использовано на Шаге 3 для определения вероятностей вхождения звезд в состав скопления. На правой панели показаны звезды с $\text{RUWE} \geq 1.4$.

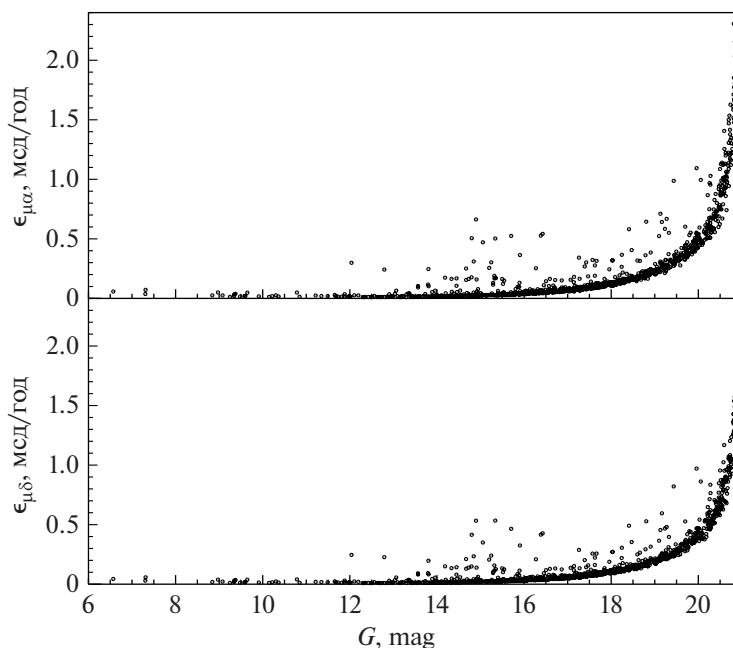


Рис. 8. Зависимость ошибки собственных движений Gaia от величины G для звезд нашей выборки.

Возможен вариант, в котором суммируются два распределения, отдельно для каждого РЗС, и величина P_μ оценивается исходя из суммы распределений для каждого скопления. В этом случае шкала вероятностей изменится, распределения будут иметь более узкую форму с быстрым падением P_μ от среднего СД. Как и в случае с выбором ϵ_μ , это приведет к изменению шкалы вероятностей, что повлияет на P_μ^i , в том числе и для звезд группы 189.

Значение ϵ_μ определяется дисперсией пекулярных скоростей (движения звезд внутри скоплений) и ошибками измерений Gaia. В наших расчетах использовано значение $\epsilon_\mu = 0.7$ мсд/год. Учитывая сказанное о показателе степени в (2), на расстоянии от Солнца рассмотренной звездной группировки ≈ 400 пк указанное значение соответствует ~ 2 км/с. Это согласуется со средней оценкой дисперсии в рассеянных звездных скоплениях, которая обычно принимается равной 1–3 км/с (Чумак и Расторгуев (2006) [24]). Указанное значение включает ошибку СД, которая в среднем для нашей выборки составляет 0.1 мсд/год для звезд $G < 17^m$, рис. 8. Отметим также, что попытка использовать индивидуальные ошибки для каждой звезды в ϵ_μ привела к разбросу значений P_μ^i по радиусу.

Результирующая картина распределения вероятностей P_μ^i представлена на рис. 9. Отметим, что для оценки вероятности принадлежности звезды

скоплениям (2) использованы звезды во всем диапазоне RUWE. Их присутствие не повлияло на значения P_μ^i . Зависимость распределения P_μ от ϵ_μ показана на рис. 15. От ϵ_μ зависит оценка вероятности P_μ для каждой звезды, которая увеличивается при увеличении ϵ_μ , что понятно из (2) и детально показано на рис. 15.

3.3. Влияние звезд фона

Для отбора звезд кандидатов в состав скоплений нами использованы тригонометрические параллаксы и собственные движения. На основе последних определены вероятности принадлежности звезд к скоплениям. Очевидно, что в процессе оценки вероятности звезды фона, имеющие СД, и параллаксы, попавшие на интервалы отбора, также попали в наш каталог, получив оценки P по формуле (2). Имея сходные со скоплением параллаксы, положения на небе и собственные движения звезды фона по этим параметрам не отличаются от звезд скопления. Однако можно оценить процент таких звезд. Для этого мы взяли пробные выборки звезд в трех областях поля вне скопления (рис. 10). Проведено сравнение диаграмм СД для выбранных областей и наших РЗС. Посчитаны числа звезд поля и РЗС в выделенных на правой панели рис. 10 ячейках. Их соотношение дало оценку процента звезд фона относительно звезд РЗС (включающих звезды поля).

На правой панели рис. 10 показана таблица, с помощью которой можно оценить процентное со-

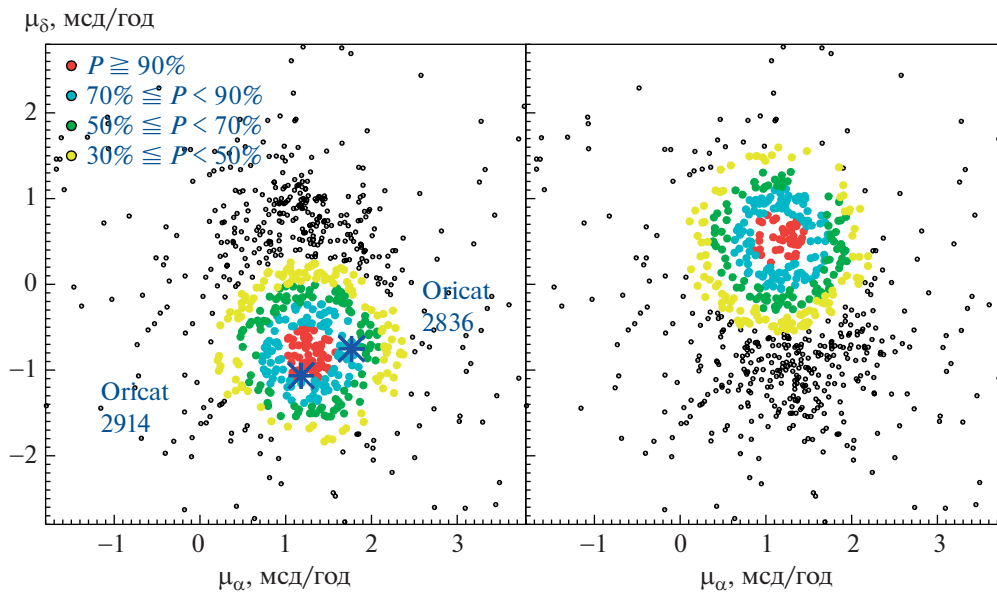


Рис. 9. Диаграмма СД для звезд нашей выборки ($n = 1041$) с указанием в верхней части интервалов P_μ . Вверху — область NGC 1981 (UBC 207), внизу — NGC 1977 (UBC 621). На левой панели синими звездочками обозначены звезды группы 189, найденные в Gaia.

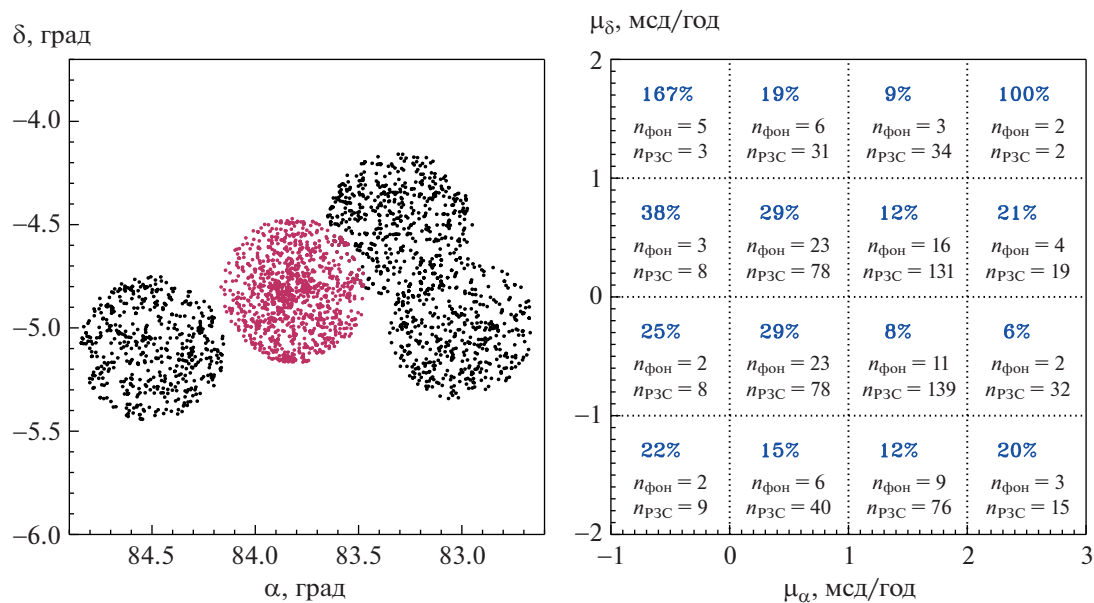


Рис. 10. Распределение звезд, выбранных для оценки фона — слева и оценка процентного содержания звезд фона в показанных на правой панели ячейках. Процентный уровень принадлежности звезды к полю подписан синим цветом на правой панели.

держание звезд фона в изученных РЗС. Это можно сделать путем сравнения положения на диаграмме СД (рис. 6) любой звезды из нашего каталога с диаграммой на правой панели рис. 9. Попадание звезд

ды в избранный квадрат даст указанный процентный уровень принадлежности звезды фону.

Таблица 6. Оценки принадлежности звезд группы 189 к РЗС по данным разных авторов

Oricat	ID Gaia DR3	NGC 1977 Tarricq et al. (2021) [4]	UBC621 (NGC 1977) Castro- Ginard et al. (2020) [5]	UBC207 (NGC 1981) Castro- Ginard et al. (2020) [5]	NGC 1981 Andersen, Reiz (1983) [24]	NGC 1977, данная работа	NGC 1981, данная работа
2836	3209577937308816896	1	1	0	1	78%	13%
2914	3209578276615162112	0	1	0		92%	7%

3.4. Статус звезд группы 189

В Gaia DR3 [11] найдены данные для Oricat 2836 (GEDR3 3209577937308816896) и Oricat 2914 (GEDR3 3209578276615162112). Положения этих звезд в декартовой системе координат показаны на рис. 1 и 2. Их место на диаграмме СД показано на рис. 6 и рис. 9. В табл. 6 приведены оценки вероятности их принадлежности к NGC 1977 и NGC 1981, как полученные в данной работе, так и различные оценки их принадлежности к РЗС, полученные другими авторами. В колонках табл. 6 даны номер Oricat, ID Gaia DR3, флажки равны 1 в том случае, если звезда включена в указанный в описании колонки каталог. В последних двух колонках приведены полученные нами вероятности вхождения звезд в скопления NGC 1977 и NGC 1981 соответственно. Как видим из табл. 6, Oricat 2914 согласно (Tarricq et al. 2021 [4]) не входит в состав скопления NGC 1977. Отметим, что ее астрометрические параметры Gaia могут быть отягощены ошибками, так как параметр RUWE превышает 1.4 и равен 1.868 (см. табл. 2). По Andersen, Reiz (1983) [25] эта звезда принадлежит скоплению NGC 1981. Наши оценки согласуются с оценками, полученными в [5], и свидетельствуют о принадлежности этих звезд NGC 1977, с вероятностью более 70%.

Приводим физические параметры Oricat 2836 (GEDR3 3209577937308816896) и Oricat 2914 (GEDR3 3209578276615162112) по оценкам разных авторов. Оценка массы выполнена с помощью диаграммы “цвет–звездная величина”, приведенной на рис. 11. Положения этих звезд на рис. 11 свидетельствуют о том, что они обладают массами около $1.1 M_{\odot}$. В каталоге [26] (VizieR Online Data Catalog: I/355/paramp) приводится масса Oricat 2914 оцененная в $1.131 M_{\odot}$.

Особенностью этих звезд является наличие рентгеновского излучения. Обе звезды есть в каталоге “Chandra X-ray observations of young clusters” (Ramirez et al. (2004) [27]): Oricat 2836 – под номером CXORRS J053527.8-044503, Oricat 2914 – под номером CXORRS J053523.3-044325. Oricat 2836 входит в каталог “The Spitzer (SEIP) source list (SSTSL2)” [28] под номером SSTSL2 J053527.86-044503.4. X-излучение в северной ча-

сти NGC 1977 (Fig. 4, Bouy et al. 2014 [8]), включающей группу 189, обусловлено, по крайней мере частично, этими звездами.

Необходимо добавить, что Oricat 2836 и Oricat 2914 являются переменными звездами типа Orion Variable. Их номера V* V1738 Ori и V* V413 Ori соответственно в каталоге ОКПЗ Samus, et al. (2017) [29]. Звезда V* V413 Ori (Oricat 2914) является неправильной эруптивной переменной звездой (тип переменности IN в [29]). Такие переменные звезды связаны с яркими или темными диффузными туманностями (или наблюдаются в областях таких туманностей).

4. ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Для определения возможной принадлежности группы 189 к РЗС NGC 1977 по данным Gaia DR3 [11] рассмотрена область неба вокруг центра NGC 1977. В исследуемой области пространства расположена также часть РЗС NGC 1981. Для определения вероятности принадлежности звезды к РЗС NGC 1977, NGC 1981 использована методика (Kharchenko, et al. [21, 22], Vasiliev 2019 [23]). Проведено сравнение нашей выборки со списками, полученными машинным методом для NGC 1981 (Castro-Ginard, et al. 2020 [5] и NGC 1977 Tarricq, et al. 2021 [4]). Каталоги звезд кандидатов в состав РЗС, полученные с помощью алгоритмов машинного обучения (DBSCAN), служат эффективным способом поиска звездных скоплений. Отбор звезд в РЗС проводится по концентрации звезд на небе, СД и параллаксам, т.е. аналогично примененной нами процедуре. Число каталогизированных звездных скоплений Gaia увеличилось более, чем до шести тысяч. Эти методы перспективны, позволяют использовать комплекс данных о звездах при анализе членства в РЗС, (He et al. 2022 [30]). Полученный нами каталог приведен в Приложении 2, начальные пять записей даны в табл. 7.

Звезды, входящие в состав РЗС UBC 207 ($n = 55$) и UBC 621 ($n = 115$), приведены в каталоге [12]. В этом каталоге даны вероятности вхождения в состав скопления в колонке proba. В указанных РЗС для всех звезд proba = 1. Каталог [12] компилятивный, включает списки звезд скопле-

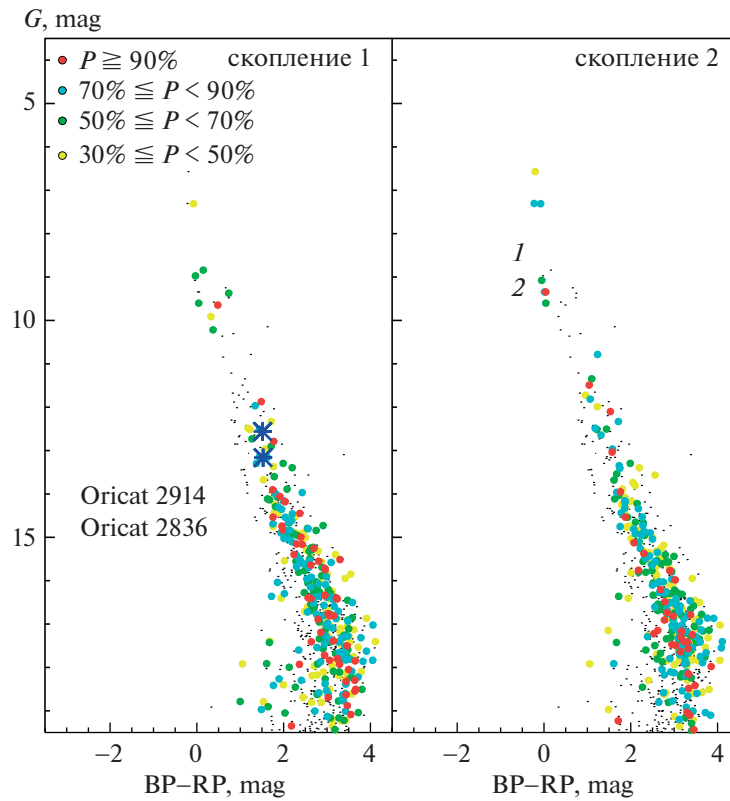


Рис. 11. Диаграмма “цвет – звездная величина” ($n = 1041$) для NGC 1977 (скопление 1, левая панель) и NGC 1981 (скопление 2, правая панель). Отмечены положения звезд Oricat 2836 и 2914, данные фотометрии этих звезд приведены в табл. 2. Цвета точек соответствуют интервалам вероятности P_{μ} (%), указанным в верхней части рисунка и на рис. 9.

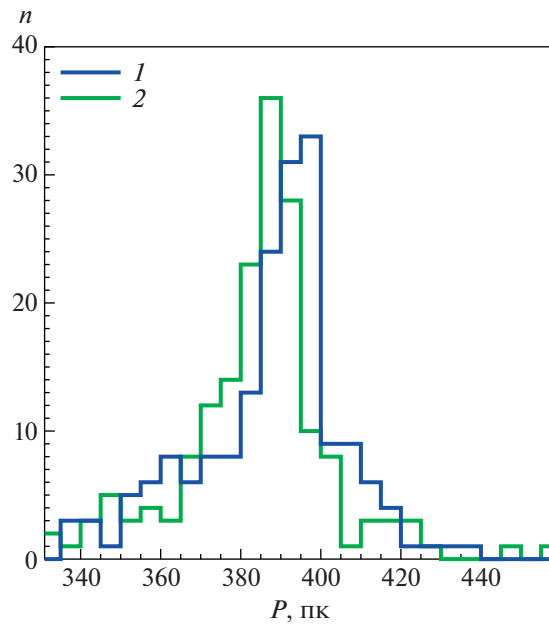


Рис. 12. Распределение звезд скоплений NGC 1977 (скопление 1) и NGC 1981 (скопление 2) по расстояниям от Солнца. Из списка $n = 1041$ выбраны звезды с $P_{\mu} \geq 60\%$. Удалены звезды с $R_{WE} > 1.4$ (127 звезд), в остатке $n = 914$ звезд, приведенные на гистограмме. Из них скопление 1 включает $n = 195$ звезд, для которых $R_{\text{среднее}} = 386.1$ пк, $\sigma_1 = 28.7$. Скопление 2 включает $n = 180$, $R_{\text{среднее}} = 381.5$ пк, $\sigma_2 = 23.0$.

Таблица 7. Начальные пять записей каталога РЗС NGC 1977 и частично NGC 1981 в площадке неба, выбранной нами для NGC 1977 ($n = 1041$)

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ϵ_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/ год	ϵ_{α}	μ_{δ} , мсд/ год	ϵ_{δ}	G , mag	BP-RP, mag	V , км/с	ϵ_V , км/с	Taticq	UBC621	UBC207	Canlat-Gaudin, NGC1977	Canlat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скопление 1, %	P_{μ} скопление 2, %
3017376501554622464	084.00191102603	-05.09832694926	2.5556	0.0746	0.204	0.073	0.565	0.061	17.065514	3.499704			0	0	0			4	40
3017400037975399040	084.04597278611	-05.06161859312	4.6377	0.0143	10.364	0.013	-22.172	0.011	9.248130	0.654221	-9.27	0.29	0	0	0			0	0
3209522716912905728*	083.76929067443	-05.16551887558	2.6938	0.0358	2.080	0.035	-0.731	0.029	14.731222	2.907890			0	0	0			52	8
3209522789928942592*	083.75597275475	-05.15906041402	2.0973	0.1789	1.105	0.159	1.222	0.139	14.908166	2.281364			0	0	0			1	61
3209522789928942976	083.75357828466	-05.16083495156	2.5852	0.0564	1.485	0.050	0.854	0.043	16.464312	3.366627			0	0	0			6	80
3209522789928943360*	083.75166657471	-05.16225702574	2.4643	0.2011	1.211	0.185	0.599	0.158	17.470312	2.949003			0	0	0			14	99

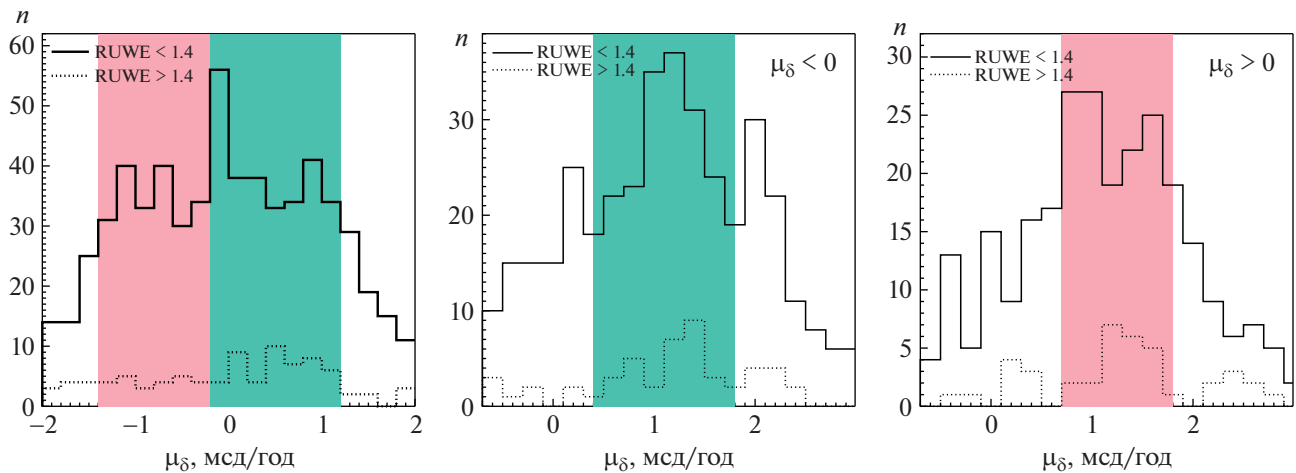


Рис. 13. Распределения звезд выборки ($n = 1041$, рис. 7) по компонентам СД. Сплошной линией для звезд с $\text{RUWE} < 1.4$, штриховой — для звезд с $\text{RUWE} \geq 1.4$. Цветные полосы показывают границы скоплений NGC 1977 — красный и NGC 1981 — зеленый принятые в данной работе.

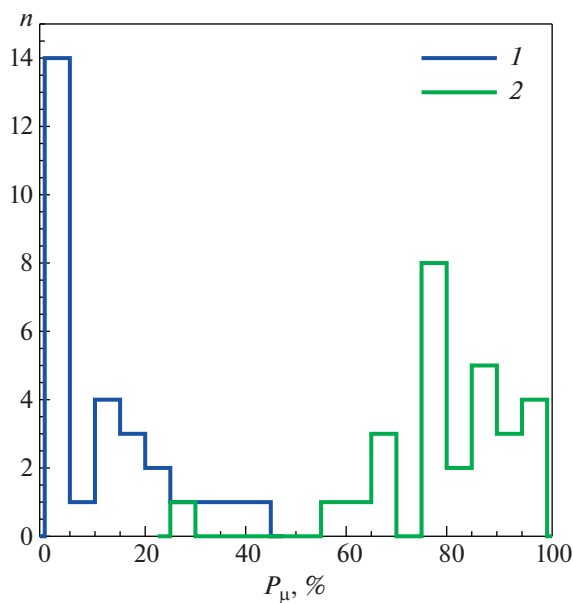


Рис. 14. Распределение вероятности P_μ звезд-кандидатов UBC 207 (Castro-Ginard et al. 2020 [5]) по нашим результатам. Обозначено 1 — вероятность принадлежности к NGC 1977, 2 — к NGC 1981.

ний разных авторов. Данные о звездах-кандидатах в UBC 207 и UBC 621 приводятся в каталоге (Castro-Ginard, et al. 2020 [5]). Это подтверждает сравнение принадлежности звезд [5] и [12] по колонкам “UBC 621”, “UBC 207” и “Cantat-Gaudin NGC 1977” и “Cantat-Gaudin UBC 207” соответственно в нашем каталоге, приведенном в Приложении 1. В Приложении 2 приведены вероятности членства по данным [5, 12] и полученные на-

ми для UBC 621 и UBC 207. Рассмотрение Приложения 2 позволяет сделать вывод о том, что в [12] все звезды из [5] взяты с вероятностью 100% ($\text{proba} = 1$). Наши оценки для части этих звезд отличаются от 100%, что хорошо видно на рис. 6 (полезен также рис. 9). Это очевидно свидетельствует о том, что наши оценки получены по более дифференцированной шкале вероятностей (2).

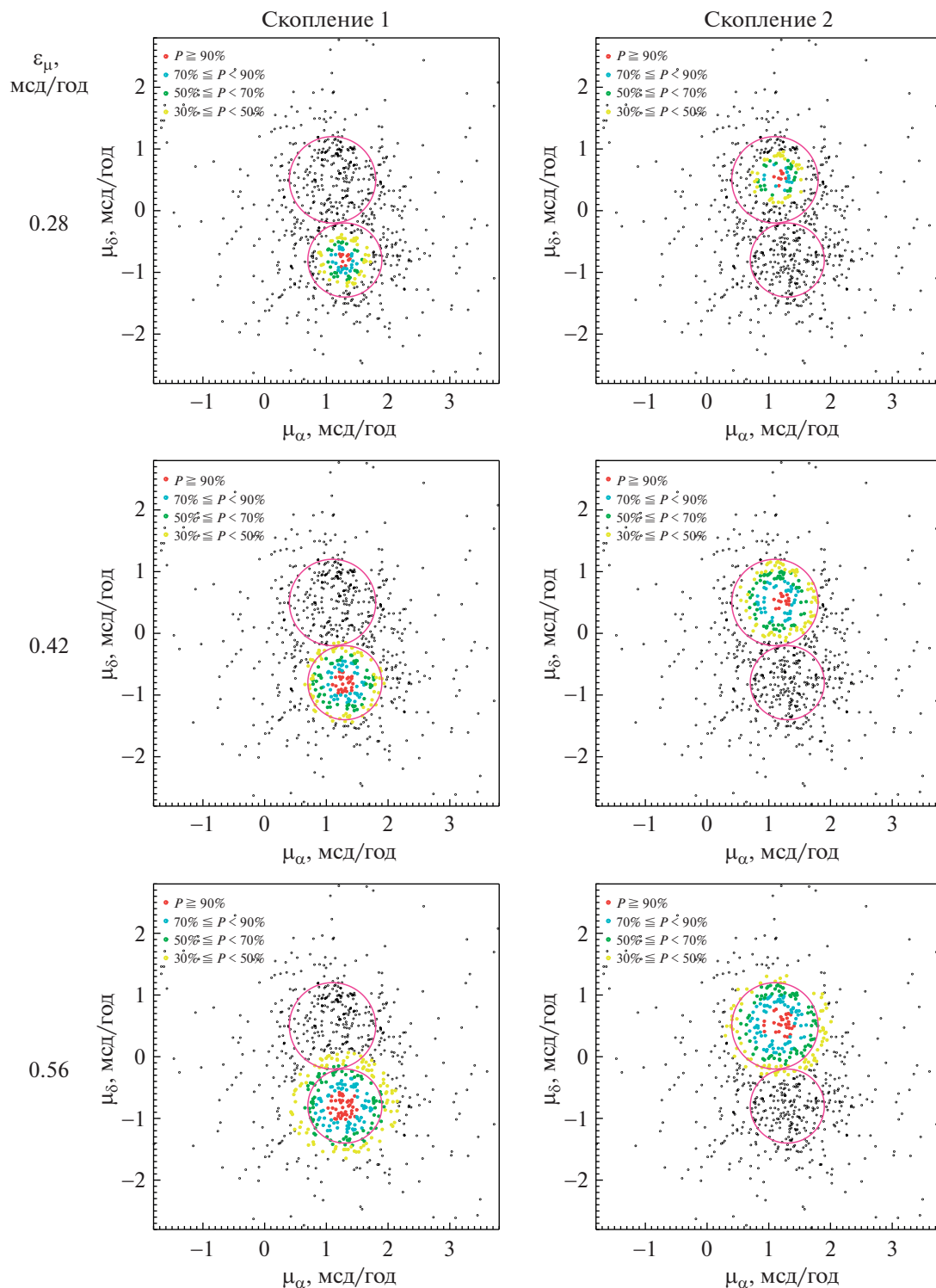


Рис. 15. Зависимость распределения P_μ от величины ϵ_μ . Диаграммы собственных движений с оценками вероятности принадлежности звезд к скоплениям. На парных панелях, расположенных сверху вниз, показаны результаты расчетов для различных значений величины ϵ_μ по формуле (2). Расчеты выполнены для $\epsilon_\mu = 0.28, 0.42, 0.56, 0.70, 1.41, 2.82, 4.23$ мсд/год. Цветом показаны интервалы шкалы полученных оценок вероятности принадлежности звезды скоплению P_μ для NGC 1977 (левая панель) и NGC 1981 (правая панель). Например, внутри выбранной “реперной” окружности радиусом 0.70 мсд/год NGC 1981 и 0.49 мсд/год для NGC 1977 оказались следующие значения вероятности $P_\mu \geq 70\%$.

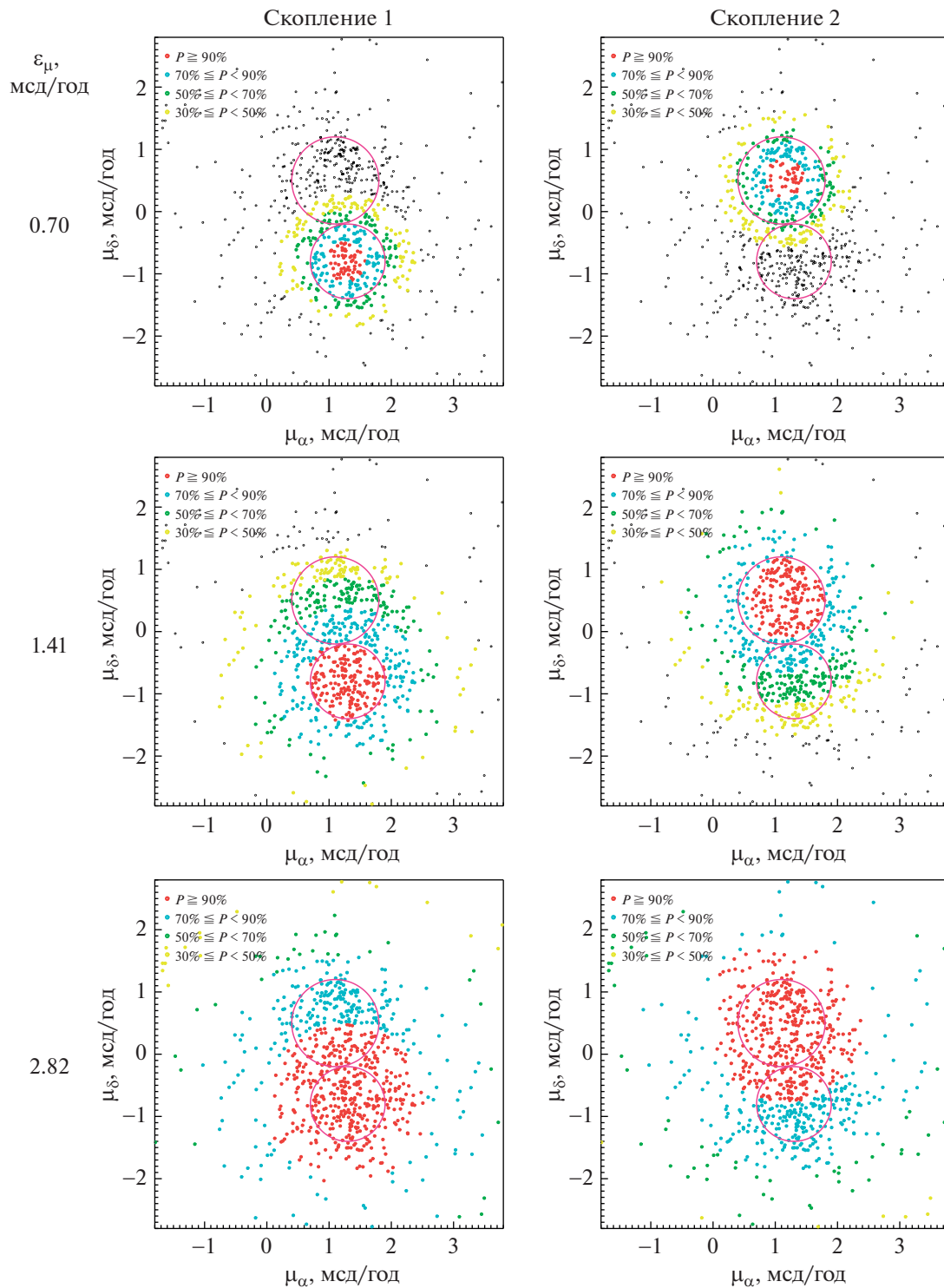


Рис. 15. Продолжение

Отметим, всего в [12] 55 звезд кандидатов в состав РЗС UBC 207 (NGC 1981). В нашем списке оказались лишь 27 звезд в силу того, что наша область, как сказано выше, не захватывает полностью UBC 207. Всего в [12] содержится 115 звезд

РЗС UBC 621 (NGC 1977). Не найдено в нашем списке 6 звезд.

Колонки в табл. 7 содержат ID Gaia DR3 (звезды с $\text{RUWE} \geq 1.4$ отмечены индексом “звездочка”), прямое восхождение α (J2000) и склонение δ

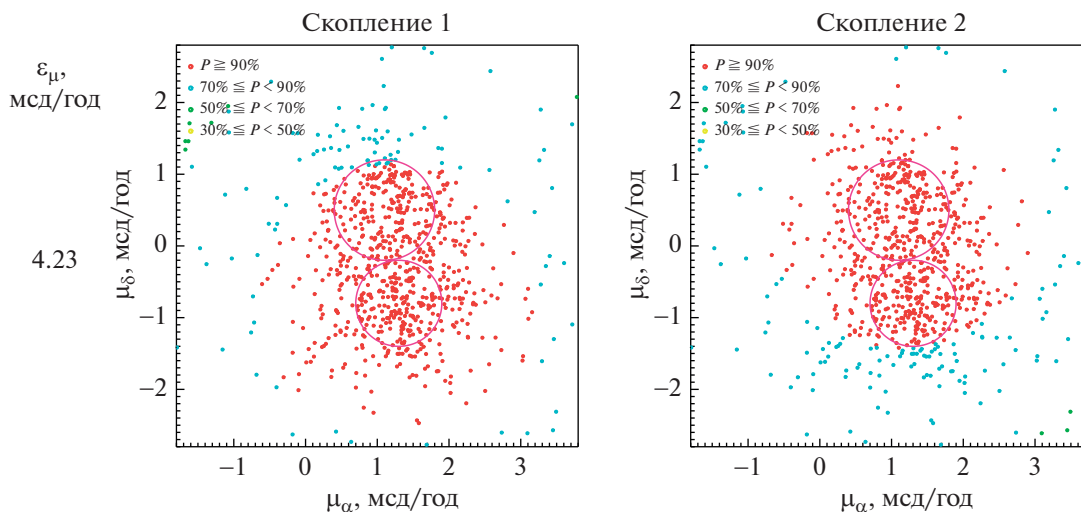


Рис. 15. Окончание

(J2000), параллакс с ошибкой, собственные движения μ_α и μ_δ с ошибкой, звездная величина G , показатель цвета $BP-PR$, лучевая скорость V_r с ошибкой

(Gaia EDR3). Далее флаги Tarricq – если звезда присутствует в списке NGC 1977 VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/647/A19/rv-stars [4], колонки UBC 621, UBC 207 – если звезда есть в списках VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/635/A45/table2 [5], колонки Cantat-Gaudin NGC 1977 и Cantat-Gaudin UBC 207 содержат значения проба из [12], колонки “ P_μ скопление 1” и “ P_μ скопление 2” – оценки вероятности принадлежности к NGC 1977 и NGC 1981, полученные в данной работе.

Центры РЗС NGC 1981 и NGC 1977 расположены в пределах области неба размером ~ 0.5 (~ 5 пк). По расстояниям их центры расположены от Солнца в пределах ~ 10 пк. На рис. 12 хорошо видно, что скопления в пространстве практически полностью перекрываются друг с другом. По СД они располагаются, примыкая друг к другу по μ_δ , и не разделяются по μ_α , рис. 13.

ВЫВОДЫ

1) Получен список звезд северной области Меча Ориона с оценками вероятности членства звезд в скоплениях NGC 1977 и частично NGC 1981 (РЗС NGC 1977 и NGC 1981 перекрываются в пространстве), выполненными по единой методике. Список приведен в Приложении 1.

2) Звезды Oricat 2836 и 2914, согласно использованной нами методике, являются кандидатами в состав NGC 1977. Проведено сравнение с данными других авторов, см. табл. 6. Сделаны оценки вероятности принадлежности к РЗС для звезд

Oricat 2836 и 2914. Как оказалось, эти звезды можно рассматривать кандидатами в состав NGC 1977 с $P = 78\%$ и 92% соответственно. Применяя таблицу (рис. 10, правая панель), можно оценить вероятность их принадлежности фону, которая составляет 8% .

3) В наблюдаемую концентрацию рентгеновского излучения в северной области NGC 1977 дают вклад звезды Oricat 2836 и 2914. Для Oricat 2914 этот факт нуждается в дополнительном подтверждении.

4) Отметим, что Oricat 2914 имеет металличность $[Fe/H] = -0.5973$ [26] (VizieR Online Data Catalog: I/355/paramp), что значительно ниже оценки металличности скопления NGC 1977 $[Fe/H] = -0.184$, (Monteiro et al. 2020 [18]).

5) Для понимания статуса пары скоплений NGC 1981–NGC 1977 определено положение пары на диаграмме $\delta V - \delta R$. Кинематические свойства NGC 1977 и NGC 1981 различаются, причем различие их пространственных скоростей таково, что они могут оказаться гравитационно не связаны.

6) NGC 1977 и UBC 621 представляют собой одно и то же РЗС.

7) Из списка звезд кандидатов UBC 207 (Castro-Ginard et al. 2020 [5]) 50% звезд попали в наш список NGC 1981. На рис. 14 звезды [5] (UBC 207) практически все имеют $P \geq 50\%$ принадлежности к скоплению 2 (NGC 1981). И, одновременно, имеют $P < 50\%$ принадлежности скоплению 1, NGC 1977. Отметим, что несколько звезд расположены на интервале вероятности $20-50\%$.

Приложение 1. Каталог РЗС NGC 1977 и NGC 1981 в избранной площадке неба, выбранной для NGC 1977 ($n = 1041$)

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	$\varepsilon_{\text{тс}}$, мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\text{и}\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\text{и}\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	$V_{\text{тс}}$, км/с	$\varepsilon_{\text{тс}}$, км/с	Tartiq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\text{и скоп-}}^{\text{ление 1, \%}}$	$P_{\text{и скоп-}}^{\text{ление 2, \%}}$
3017376501554622464	84.00191	-5.09833	2.5556	0.0746	0.204	0.073	0.565	0.061	17.066	3.500			0	0	0			4	40
3017400037975399040	84.04597	-5.06162	4.6377	0.0143	10.364	0.013	-22.172	0.011	9.248	0.654	-9.27	0.29	0	0	0			0	0
3209522716912905728*	83.76929	-5.16552	2.6938	0.0358	2.080	0.035	-0.731	0.029	14.731	2.908			0	0	0			52	8
3209522789928942592*	83.75597	-5.15906	2.0973	0.1789	1.105	0.159	1.222	0.139	14.908	2.281			0	0	0			1	61
3209522789928942976	83.75358	-5.16083	2.5852	0.0564	1.485	0.050	0.854	0.043	16.464	3.367			0	0	0			6	80
3209522789928943360*	83.75167	-5.16226	2.4643	0.2011	1.211	0.185	0.599	0.158	17.470	2.949			0	0	0			14	99
3209525744866443136	83.74251	-5.15767	2.5166	0.0310	1.603	0.028	-1.440	0.024	15.492	2.602			0	0	0			59	1
3209526844377984896	83.70215	-5.11971	2.8892	0.0848	0.927	0.072	-0.145	0.064	17.316	2.923			0	0	0			57	60
3209526844377985152	83.70124	-5.12039	2.8631	0.0324	1.279	0.028	-0.068	0.025	15.554	2.283			0	0	0			58	69
3209526874441202304	83.68743	-5.11377	2.5819	0.0194	1.740	0.016	-1.078	0.015	14.354	1.952			0	0	0			74	5
3209526874441202560	83.67617	-5.12072	2.5395	0.0260	1.197	0.021	-0.150	0.018	9.602	0.042			0	0	0			65	63
3209526878738598144	83.67309	-5.11734	2.4841	0.2995	0.963	0.253	0.089	0.225	19.202	3.118			0	0	0			41	79
3209526913097461504	83.68779	-5.10563	2.6854	0.0785	2.135	0.064	-1.214	0.055	17.100	3.307			0	0	0			40	1
3209526977520510464	83.66937	-5.11631	2.6171	0.0911	1.133	0.085	-0.240	0.070	17.600	2.346			0	0	0			71	55
3209527733432372736*	83.85723	-5.16373	2.5932	0.0208	0.111	0.020	1.279	0.017	13.216	1.494			0	0	0			0	19
3209527737731263232	83.83992	-5.16380	2.5302	0.0482	0.777	0.044	-0.432	0.038	16.030	2.571			0	0	0			68	34
3209527943889688320*	83.91990	-5.15043	2.7537	0.0996	2.059	0.092	0.076	0.081	13.566	2.560	14.60	9.76	0	0	0			25	35
3209528012609165440	83.91283	-5.14900	2.5707	0.0153	2.616	0.015	-0.312	0.013	12.993	1.695	10.78	10.19	0	0	0			13	5
3209528046968906112*	83.86447	-5.16226	2.4836	0.1060	2.184	0.097	-1.036	0.085	15.850	3.545			0	0	0			41	3
3209528081326372736*	83.88320	-5.15785	2.0136	0.1446	1.137	0.242	-1.005	0.227	12.790	1.771			0	0	0			94	9
3209528081326372864*	83.88313	-5.15772	3.6971	0.3006	3.927	0.299	1.399	0.246	12.038	1.766			0	0	0			0	0
3209528081328643456	83.87543	-5.15262	2.3692	0.0928	0.526	0.088	0.301	0.078	17.216	3.242			0	0	0			16	64
320952811390427776	83.85426	-5.15266	2.8912	0.1998	2.334	0.184	-0.814	0.158	18.692	2.448			0	0	0			32	4
320952811391658624	83.86429	-5.15104	3.0528	0.3763	3.437	0.332	0.807	0.320	19.683	3.250			0	0	0			0	0
3209528184405582464	83.89748	-5.14633	2.7309	0.1488	1.071	0.138	0.133	0.125	18.102	2.919			0	0	0			40	85
3209528184407857792	83.89112	-5.15166	2.5979	0.0984	1.317	0.094	0.699	0.082	17.490	3.034			0	0	0			10	94
3209528253127334272	83.88339	-5.13497	2.6284	0.0834	1.421	0.082	0.539	0.073	17.220	2.534			0	0	0			16	92
3209528356204321152*	83.81488	-5.16423	2.3039	0.7060	1.528	0.644	0.060	0.528	18.804	2.645			0	0	0			44	70
3209528459285770496	83.82283	-5.16365	2.5409	0.0806	1.308	0.075	0.220	0.064	16.881	3.227			0	0	0			35	88

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209528489348781056	83.83611	-5.15077	2.7902	0.4165	2.280	0.367	-0.510	0.335	19.727	2.929			0	0	0			33	9
3209528493643267328	83.83912	-5.16174	3.1070	0.1285	0.550	0.123	0.217	0.108	17.639	3.115			0	0	0			20	63
3209528493645505920	83.84356	-5.15308	2.5549	0.0126	1.011	0.012	-1.299	0.010	13.143	1.438	22.67	7.21	0	0	0			72	3
3209528493645506048	83.83940	-5.15100	2.5463	0.0986	1.118	0.092	0.065	0.076	16.869	3.910			0	0	0			46	80
3209528493645507200*	83.83990	-5.16079	2.8270	0.3484	3.106	0.318	-1.016	0.272	18.029	1.594			0	0	0			3	0
3209528523708699392	83.80552	-5.15549	2.5347	0.0403	0.998	0.037	-0.025	0.031	14.930	2.240			0	0	0			50	72
3209528523709076864	83.81478	-5.14980	3.5187	0.1594	10.717	0.144	-28.811	0.126	18.584	2.420			0	0	0			0	0
3209528528005247104	83.81734	-5.15529	2.6013	0.0543	0.412	0.049	1.095	0.041	16.095	2.961			0	0	0			1	41
3209528528005247488	83.81504	-5.15884	2.5764	0.1067	1.688	0.096	0.723	0.082	17.586	3.138			0	0	0			8	72
3209528528005247616	83.80544	-5.15526	2.5872	0.0992	0.660	0.154	-0.038	0.132	16.714	0			0	0	0			38	57
3209528562364982912	83.82697	-5.14189	2.6451	0.0804	3.024	0.072	-1.599	0.061	17.013	2.902			0	0	0			2	0
3209528665444202240	83.76303	-5.15474	2.5184	0.0431	1.690	0.039	-0.137	0.035	16.256	2.819			0	0	0			54	48
3209528699801711232	83.77458	-5.14397	3.8347	0.4371	1.119	0.390	-1.539	0.342	19.850	2.522			0	0	0			56	1
3209528734163677056	83.81113	-5.14777	2.6072	0.0388	1.391	0.035	0.778	0.030	15.963	2.946			0	0	0			8	88
3209528768523413248	83.81202	-5.12989	2.4300	0.1119	2.353	0.110	-0.661	0.090	17.718	3.301			0	0	0			30	5
3209528871602627200	83.85035	-5.15188	2.7501	0.1294	0.787	0.119	-1.383	0.105	17.922	2.784			0	0	0			55	2
3209528901666688512	83.85719	-5.12952	2.5297	0.9198	1.025	0.768	-0.635	0.727	20.468	2.836			0	0	0			91	25
3209528901666689024	83.85857	-5.14386	2.6319	0.0814	0.712	0.077	-0.040	0.065	16.312	2.786			0	0	0			40	59
3209528905960092160	83.85642	-5.13246	2.7767	0.1256	1.270	0.114	-0.120	0.102	17.466	0			0	0	0			62	65
3209528905962363904	83.85776	-5.13236	2.5578	0.0239	3.718	0.023	-1.095	0.020	14.294	2.200			0	0	0			0	0
3209528905962364160*	83.85690	-5.13257	2.3116	0.0675	2.249	0.063	-0.307	0.054	15.401	3.194			0	0	0			30	15
3209528905962364544*	83.85954	-5.14445	2.5207	0.0300	-0.084	0.029	1.202	0.024	11.653	1.163			0	0	0			0	13
3209528940319836416	83.84313	-5.13827	3.4856	0.2515	-3.344	0.221	2.455	0.196	19.125	2.699			0	0	0			0	0
3209528940322103424*	83.84336	-5.13476	2.6688	0.0508	1.410	0.046	-0.879	0.040	15.513	3.299			0	0	0			97	13
3209528940322943360*	83.84401	-5.13354	3.2255	0.1572	0.898	0.144	-0.369	0.118	16.503	3.584			0	0	0			71	42
3209529009039304704	83.86582	-5.13184	2.5297	0.1896	2.118	0.171	-0.549	0.164	18.627	2.810			0	0	0			46	12
3209529077761055232	83.85710	-5.11754	2.4233	0.1012	3.461	0.091	-1.299	0.082	17.376	3.389			0	0	0			0	0
3209529112120792320	83.87096	-5.10112	2.5027	0.0148	2.054	0.014	-1.103	0.012	13.674	1.533	39.38	19.66	1	1	0	1.0		49	3
3209529146478270976*	83.82023	-5.12994	3.5035	0.3584	2.301	0.315	-1.739	0.265	18.660	3.499			0	0	0			14	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209529146480534016	83.81993	-5.12424	3.0137	0.2845	0.483	0.267	0.613	0.228	19.157	3.255			0	0	0			7	63
3209529180840270720	83.84116	-5.11718	2.5091	0.0148	0.345	0.014	0.054	0.012	13.735	2.048			0	0	0			20	41
3209529421358437248	83.93371	-5.14378	2.7482	0.1217	1.339	0.111	-0.010	0.094	17.914	1.607			0	0	0			53	72
3209529524437650944	83.93692	-5.12138	2.6248	0.0124	1.406	0.011	0.135	0.010	12.331	1.715	25.11	5.88	0	0	0			41	80
3209529524437651328*	83.93541	-5.12547	2.5862	0.0482	0.463	0.043	1.076	0.036	14.947	2.440			0	0	0			1	45
3209529593157126272*	83.96290	-5.11915	3.4133	0.1115	0.356	0.104	1.366	0.091	13.565	2.247			0	0	0			0	26
3209529627514574080	83.94809	-5.11946	2.4357	0.6689	0.501	0.582	-5.036	0.550	20.355	2.149			0	0	0			0	0
3209529661876602880	83.95692	-5.10080	3.3798	0.0289	4.342	0.027	1.965	0.023	15.387	1.825			0	0	0			0	0
3209529764955820672	83.91262	-5.11786	2.7571	0.0377	0.416	0.035	-0.024	0.031	15.481	2.670			0	0	0			26	43
3209529764955821056	83.89811	-5.11626	2.5548	0.0438	1.189	0.041	0.884	0.036	16.102	2.500			0	0	0			5	87
3209529799315557760	83.92103	-5.10703	2.5012	0.0398	0.881	0.037	1.129	0.034	15.611	2.702			0	0	0			2	64
3209529799315558784	83.90702	-5.10889	2.5923	0.0470	1.165	0.045	0.405	0.040	15.760	2.176			0	0	0			23	98
3209529936754510208	83.93147	-5.09483	2.4745	0.0268	0.432	0.027	0.827	0.021	14.539	1.925			0	0	0			3	54
3209529971114247808	83.97789	-5.10773	2.5397	0.0793	1.874	0.076	0.746	0.064	17.161	3.663			0	0	0			6	56
3209530039833724032	83.97586	-5.09596	2.6775	0.0553	0.931	0.052	0.831	0.045	16.546	2.841			0	0	1	1.0		6	86
3209530108553199488	84.00136	-5.08328	2.6722	0.0391	1.735	0.038	-0.218	0.032	15.693	2.884			0	0	0			57	41
3209530138616229888	84.01178	-5.07324	2.5835	0.2490	1.522	0.230	0.304	0.200	19.102	3.839			0	0	0			27	83
3209530138617292544	84.01481	-5.07923	1.7793	0.6329	3.419	0.556	-3.443	0.514	20.380	2.231			0	0	0			0	0
3209530211632414208	83.99976	-5.07524	2.4858	0.0994	0.975	0.094	0.828	0.078	17.550	4.086			0	0	0			6	88
3209530276057350656	83.96963	-5.08558	2.5874	0.0755	0.403	0.078	0.600	0.064	15.806	2.181			0	0	0			6	56
3209530280351892096	83.96928	-5.08489	2.5528	0.0205	0.390	0.020	0.483	0.018	11.346	1.099			0	0	0			8	55
3209530379132223360	83.97537	-5.07069	2.4531	0.0176	2.156	0.017	1.092	0.014	13.565	1.610			0	0	0			1	26
3209530379132262784	83.98228	-5.07714	1.9449	0.4781	1.065	0.426	2.608	0.386	19.993	1.557			0	0	0			0	1
3209530383431106688*	83.97489	-5.07097	3.1350	0.1024	1.901	0.106	1.356	0.080	14.447	2.335			0	0	0			0	28
3209530520870064896	83.89283	-5.10589	2.5792	0.0228	1.395	0.020	0.792	0.018	9.343	0.012			0	0	0			7	87
3209530550931890176	83.90403	-5.09064	2.7812	0.2306	1.679	0.208	0.169	0.186	18.805	2.869			0	0	0			33	66
3209530727026200448*	83.90281	-5.07071	1.9801	0.1814	0.699	0.163	0.578	0.139	14.729	2.279			0	0	0			10	81
3209530727028493056	83.90252	-5.07744	2.5511	0.0456	1.646	0.042	0.803	0.036	15.259	2.219			0	0	0			6	72
3209530727028493184	83.90214	-5.07780	2.6552	0.0567	1.634	0.052	0.709	0.045	15.699	0			0	0	0			9	76

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209530727028493568*	83.90087	-5.08216	4.5975	0.3968	4.118	0.366	-1.784	0.306	18.244	3.542			0	0	0			0	0
3209530830107709696*	83.88125	-5.08378	2.6629	0.5224	3.857	0.505	4.935	0.415	14.798	2.057			0	0	0			0	0
3209530933184633856	83.89094	-5.07431	3.2789	0.4417	2.248	0.408	0.391	0.364	19.794	2.941			0	0	0			9	29
3209530963251010432	83.90916	-5.05939	3.2206	0.7939	1.851	0.659	1.365	0.624	20.399	2.086			0	0	0			0	30
3209531031968260736	83.89017	-5.05224	2.6975	0.1548	1.849	0.135	-0.964	0.121	18.222	3.715			0	0	0			70	6
3209531036263844992	83.89171	-5.05931	3.3738	0.1310	-0.529	0.106	6.168	0.111	17.619	0			0	0	0			0	0
3209531036266138112	83.89135	-5.05926	3.5918	0.0215	-0.881	0.019	5.513	0.017	14.339	1.511			0	0	0			0	0
3209531135047466240	83.92209	-5.06453	2.8156	0.2369	1.383	0.213	-1.085	0.193	18.880	3.467			0	0	0			91	7
3209531139345352192	83.92389	-5.05809	2.6496	0.0616	1.440	0.058	0.616	0.051	16.787	3.377			0	0	0			13	91
3209531173705090048	83.92942	-5.05209	2.6091	0.0554	1.302	0.050	1.481	0.043	16.644	3.190			0	0	0			0	39
3209531242424627328	83.97315	-5.04294	2.5248	0.0604	1.977	0.055	-0.749	0.048	16.769	3.056			0	0	0			61	10
3209531311144041856	83.95408	-5.02763	2.4699	0.0291	0.259	0.026	0.719	0.023	15.355	2.419			0	0	0			3	43
3209531379863520512	83.91675	-5.04362	2.6976	0.1120	0.404	0.105	0.655	0.094	17.763	3.707			0	0	0			5	56
3209531517302471808*	83.95161	-5.02468	2.6615	0.0323	1.580	0.029	0.109	0.025	14.752	1.755			0	0	0			39	70
3209531586021948672	83.93627	-5.01105	2.6840	0.1060	1.267	0.096	0.202	0.085	17.748	3.604			0	0	0			36	88
3209531650444835840	83.76792	-5.13684	2.5447	0.0139	0.263	0.013	7.173	0.011	10.146	1.620	17.60		0	0	0			0	0
3209531654739209216	83.76824	-5.13794	1.7946	0.0700	-6.088	0.060	6.129	0.053	16.171	2.006			0	0	0			0	0
3209531723458682752	83.76836	-5.12659	3.5533	0.4085	0.127	0.356	-0.671	0.332	19.713	3.016			0	0	0			26	8
3209531757820652800	83.78520	-5.12040	2.7518	0.2126	-5.421	0.185	1.791	0.162	18.770	2.790			0	0	0			0	0
3209531792180390272*	83.78811	-5.11309	2.9912	0.1143	1.901	0.102	1.156	0.082	13.808	2.100			0	0	0			1	38
3209531895259520512	83.73833	-5.12141	1.7914	0.4911	7.622	0.393	-15.106	0.360	19.923	2.661			0	0	0			0	0
3209532097122297984	83.75386	-5.09451	3.1592	0.4190	1.313	0.343	-0.151	0.313	19.729	3.047			0	0	0			65	61
3209532101417942656*	83.74721	-5.09168	2.3819	0.1680	3.493	0.149	-2.312	0.124	15.542	2.565			0	0	0			0	0
320953213577678208*	83.76422	-5.09454	2.5588	0.0294	3.065	0.026	-0.737	0.023	10.304	0.829	80.26	15.36	0	0	0			4	0
320953213577678336	83.75281	-5.08578	2.5678	0.0159	2.559	0.014	-1.650	0.012	10.846	0.596			0	0	0			9	0
3209532135778560256	83.75444	-5.09269	2.7606	0.3000	0.530	0.261	-0.143	0.227	19.354	3.124			0	0	0			37	43
3209532165840788480*	83.81100	-5.10704	4.2719	1.0965	0.117	0.995	-3.730	0.862	20.056	3.206			0	0	0			0	0
3209532238856987520	83.78729	-5.09793	1.9289	0.0218	-3.396	0.019	-5.570	0.016	13.094	3.376	-6.82	0.38	0	0	0			0	0
3209532371997088256	83.81809	-5.07678	3.1867	0.1525	1.087	0.132	-0.026	0.111	18.107	3.285			0	0	0			52	73

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\text{скоп-1}}$, %	$P_{\text{скоп-2}}$, %
3209532410656516480	83.82587	-5.06518	2.5661	0.0382	1.330	0.033	0.465	0.029	9.345	0.041			0	0	0			20	96
3209532479375154688	83.78643	-5.07798	2.5277	0.0519	1.780	0.046	-0.121	0.039	15.948	3.418			0	0	0			48	44
3209532616814106112	83.81873	-5.05844	2.5399	0.0271	1.422	0.024	0.993	0.020	15.041	2.500			0	0	0			3	74
3209532616814947840	83.81585	-5.05724	2.6405	0.1510	1.232	0.136	3.543	0.116	18.009	3.837			0	0	0			0	0
3209532685533583360	83.81112	-5.05351	2.5516	0.0230	1.919	0.021	0.851	0.018	14.768	1.904			0	0	0			4	49
3209532719893243776	83.71064	-5.11066	2.5062	0.0907	1.318	0.079	-1.647	0.067	17.453	3.303			0	0	0			48	0
3209532754252976000	83.73393	-5.10048	2.9024	0.0344	1.359	0.029	-0.801	0.026	15.551	2.807			0	0	0			99	16
3209532754252977408	83.72391	-5.09693	2.5967	0.0439	0.701	0.038	-0.309	0.033	16.223	2.715			0	0	0			56	40
3209533029130883328	83.70510	-5.07724	2.5770	0.0306	0.203	0.027	-0.018	0.024	15.404	2.682			0	0	0			17	30
3209533029130884864	83.70658	-5.08320	2.5135	0.0511	1.534	0.045	-1.036	0.038	16.517	2.685			0	0	0			88	7
3209533029130885760	83.70174	-5.08370	2.6474	0.0320	1.421	0.028	-0.233	0.025	15.107	2.192			0	0	0			71	52
3209533029131759104*	83.69979	-5.08188	2.4562	0.0525	1.713	0.049	-0.876	0.042	14.841	2.141			0	0	0			82	10
3209533132210095616*	83.71112	-5.06881	2.9748	0.0650	2.898	0.057	-0.099	0.050	16.028	3.057			0	0	0			4	3
3209533166569829504	83.72103	-5.05754	2.5773	0.0187	0.487	0.017	-0.111	0.015	14.243	1.793			0	0	0			33	42
3209533269649037568	83.75911	-5.07736	3.1622	0.2344	-0.405	0.207	-1.971	0.168	18.358	3.812			0	0	0			1	0
3209533372725529728	83.76203	-5.05102	3.2141	0.4696	2.465	0.394	-1.280	0.367	19.873	2.937			0	0	0			19	0
3209533780747351296	83.75808	-5.01202	2.9584	0.1099	0.776	0.093	-1.049	0.082	17.733	3.311			0	0	0			73	7
3209534128640307840	83.83190	-5.04139	2.5722	0.1495	1.682	0.132	-1.241	0.117	18.226	3.559			0	0	0			69	3
3209534128642592896	83.83485	-5.04073	2.6053	0.0315	1.742	0.028	0.288	0.025	15.440	2.995			0	0	0			24	66
3209534163002212096	83.81101	-5.04029	2.6557	0.0429	2.153	0.037	-0.743	0.032	16.057	2.819			0	0	0			46	7
3209534163002212224	83.81138	-5.04106	2.6064	0.2412	1.174	0.209	-0.041	0.181	19.041	3.719			0	0	0			55	72
3209534261782730368	83.86016	-5.01586	3.4740	0.0992	0.256	0.091	-1.395	0.078	17.608	2.759			0	0	0			24	1
3209534364862893952	83.88560	-5.03607	2.5821	0.1450	1.149	0.122	1.162	0.111	18.206	3.264			0	0	0			2	66
3209534399221611648*	83.90168	-5.02104	2.5859	0.0456	1.057	0.039	0.254	0.035	13.036	1.570	24.28	9.88	0	0	0			31	92
3209534403518194432*	83.90193	-5.02087	2.4858	0.1080	0.591	0.503	1.387	0.534	15.338	0			0	0	0			0	34
3209534472239972608*	83.89014	-5.01170	2.5902	0.0768	1.051	0.066	0.196	0.058	14.532	2.264			0	0	0			35	88
3209534609678988416*	83.91054	-4.99477	4.7457	0.4021	3.032	0.364	-1.537	0.325	15.905	2.949			0	0	0			2	0
3209534644038666112	83.86738	-5.01378	2.4455	0.0366	1.934	0.033	0.787	0.029	15.568	2.817			0	0	0			5	50
3209534914618707712	83.80397	-5.03577	2.3971	0.1801	1.591	0.157	-0.192	0.134	18.506	3.805			0	0	0			62	49

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209534918916455296	83.80333	-5.02955	2.6682	0.0857	1.557	0.075	0.010	0.063	17.425	3.517			0	0	0			47	65
3209534948978451200	83.81444	-5.02016	2.5912	0.1236	1.830	0.106	-1.749	0.093	18.048	3.560			0	0	0			29	0
3209534953276314112	83.81475	-5.02885	2.5110	0.1635	2.017	0.138	-1.911	0.115	18.310	3.621			0	0	0			16	0
3209535125074880384	83.81605	-5.01024	2.5746	0.0135	17.148	0.012	-37.848	0.010	13.446	1.016			0	0	0			0	0
3209535125074880896	83.81360	-5.00930	2.5365	0.0559	2.026	0.050	-1.821	0.040	16.570	3.063			0	1	0	1.0		20	0
3209535159434616192	83.82749	-4.99514	2.5340	0.0684	1.171	0.060	0.923	0.053	17.021	3.182			0	0	0			5	85
3209535296873574272	83.78952	-4.99485	2.4903	0.0830	1.180	0.075	-0.443	0.062	17.023	4.057			0	0	0			87	39
3209535365593047424	83.81501	-4.99110	3.2041	0.9018	1.947	0.763	-1.881	0.703	20.490	2.740			0	0	0			19	0
3209535533095156992	83.84538	-4.98596	2.4955	0.4483	2.146	0.382	-0.880	0.335	19.658	3.585			0	0	0			46	5
3209535601812562176	83.86834	-4.96867	2.7803	0.1136	1.325	0.097	0.240	0.086	17.837	3.251			0	0	0			33	89
3209535704894920064	83.87747	-4.95598	2.6613	0.2072	1.451	0.175	0.743	0.162	18.661	3.314			0	0	0			8	87
3209535704894920448	83.88003	-4.95754	3.3402	0.7515	0.988	0.596	0.948	0.542	20.203	2.864			0	0	0			4	81
320953577790902976	83.83651	-4.97618	2.7664	0.0611	1.667	0.054	-1.956	0.046	16.396	3.243			0	0	0			22	0
3209535812269642624	83.81840	-4.96724	2.6090	0.0512	1.454	0.046	-1.530	0.038	16.362	3.030			0	1	0	1.0		56	1
3209535812269643264	83.81847	-4.96862	2.5372	0.0662	-0.035	0.059	-1.145	0.049	16.857	3.342			0	0	0			15	1
3209535842332803584	83.82147	-4.96309	2.9640	0.2344	1.259	0.208	0.840	0.183	18.916	3.278			0	0	0			6	89
3209535880989110784	83.84713	-4.95576	2.5629	0.0308	1.405	0.027	-0.483	0.024	15.488	2.351			1	1	0	1.0		88	34
3209535915348846976	83.85700	-4.95511	2.5511	0.0557	1.358	0.049	0.976	0.043	16.433	3.045			0	0	0			4	78
3209535945409984896	83.84037	-4.94681	2.5720	0.0567	1.184	0.049	0.903	0.043	16.676	2.830			0	0	0			5	86
3209535984065460608	83.85022	-4.94177	3.4999	0.2123	-3.014	0.176	0.299	0.162	18.777	2.154			0	0	0			0	0
3209538801564337920	83.64230	-5.09919	2.4999	1.4336	3.509	1.150	-9.362	1.108	20.843	1.910			0	0	0			0	0
3209538831630672128	83.61699	-5.08938	2.6829	0.1163	1.123	0.107	-1.074	0.091	17.849	3.647			0	0	0			90	7
3209538904646153344	83.65903	-5.08811	2.6726	0.1761	1.463	0.141	-0.970	0.128	18.322	3.439			0	0	0			93	9
3209538904646238848	83.64239	-5.08805	2.4897	0.0516	1.725	0.044	-0.428	0.038	16.357	2.820			0	0	0			71	29
3209538934709897600	83.66069	-5.07209	1.6960	0.2006	-3.151	0.171	-3.537	0.153	18.772	2.601			0	0	0			0	0
3209539145164326656	83.60314	-5.06913	2.7217	0.1345	0.437	0.115	-0.337	0.102	18.122	3.574			0	0	0			39	28
3209539179524061952	83.63267	-5.06919	2.0798	0.0386	-6.050	0.034	-7.094	0.028	15.743	1.971			0	0	0			0	0
3209539179524062720	83.62446	-5.06815	2.5525	0.0362	1.606	0.030	0.513	0.026	15.646	2.490			0	0	0			16	81
3209539179524063488	83.62334	-5.07465	2.7215	0.1047	2.065	0.090	-0.551	0.076	17.597	3.477			0	0	0			50	13

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-лени}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-лени}}^2$, %
3209539282603274752	83.62345	-5.05204	2.3686	0.0854	2.014	0.075	0.322	0.063	17.260	2.406			0	0	0			16	45
3209540102941013888	83.61105	-5.03402	2.1532	0.2628	-4.169	0.228	-19.974	0.195	18.719	3.060			0	0	0			0	0
3209540175956476800	83.58206	-5.04157	2.3602	0.0475	21.736	0.040	-12.803	0.034	16.262	2.783			0	0	0			0	0
3209540175956478464	83.56912	-5.04348	4.1011	0.0242	12.835	0.020	-28.758	0.018	14.870	1.832			0	0	0			0	0
3209540206019871232	83.54485	-5.03970	2.5850	0.1358	2.222	0.111	-0.120	0.100	18.041	3.255			0	0	0			25	21
3209540240380356352	83.56480	-5.03097	1.6861	1.2701	3.279	1.023	-0.538	0.896	20.621	2.278			0	0	0			1	0
320954030909093760	83.59185	-5.02582	2.6894	0.1213	1.684	0.125	-0.224	0.095	17.648	0			0	0	0			60	43
3209540313395426176	83.59207	-5.02627	2.5403	0.0944	1.734	0.080	-0.058	0.065	17.055	3.465			0	0	0			46	50
3209543165253717376	83.53705	-5.02834	2.5563	0.0249	1.248	0.022	0.081	0.018	14.897	2.449			0	0	0			45	81
3209543337049774720	83.57026	-5.00300	2.4782	0.7160	5.559	0.554	-4.274	0.523	20.300	2.506			0	0	0			0	0
3209543371412142720	83.55742	-5.00113	2.4693	0.1813	1.114	0.151	0.398	0.132	18.417	3.478			0	0	0			23	98
3209543470199515776	83.53629	-5.00261	3.0419	1.7019	-0.181	1.501	-2.629	1.276	20.832	1.940			0	0	0			0	0
3209543607639389056	83.54477	-4.98383	2.2812	0.5435	3.863	0.428	-3.431	0.387	19.978	2.621			0	0	0			0	0
3209543646290052480	83.51977	-4.98676	2.5434	0.0693	1.656	0.060	-0.215	0.050	16.910	3.479			0	1	0	1.0		61	44
3209544299125081728	83.51177	-4.98576	4.2432	1.6623	-11.504	1.584	20.289	1.366	20.802	2.312			0	0	0			0	0
3209544432268375296	83.53193	-4.96343	2.1377	0.5514	-0.718	0.485	-4.853	0.451	20.054	2.406			0	0	0			0	0
3209544500992542976	83.52005	-4.95878	1.9187	0.8041	0.426	0.648	-0.895	0.642	20.452	1.710			0	0	0			48	7
3209544505280881536	83.51521	-4.95592	3.3334	0.3303	1.729	0.286	0.683	0.259	19.457	3.404			0	0	0			9	69
3209544814521148416*	83.67520	-5.07548	2.5003	0.1873	0.276	0.164	0.915	0.134	17.846	3.560			0	0	0			1	39
3209544883238493952	83.66143	-5.06825	2.7965	0.4404	1.614	0.374	-1.370	0.344	19.738	2.931			0	0	0			64	2
3209544917600361344	83.66561	-5.05174	2.5189	0.0424	2.104	0.038	-1.067	0.032	16.039	2.850			0	0	0			46	3
3209545020679571968	83.67516	-5.04025	2.4827	0.0676	1.643	0.066	-0.821	0.056	17.017	2.979			0	0	0			87	12
3209545055039401600*	83.68943	-5.03551	4.6479	0.7009	0.919	0.663	0.115	0.533	14.897	2.278			0	0	0			38	80
3209545085102536192	83.64362	-5.05192	2.5233	0.0228	1.308	0.019	-1.503	0.016	10.218	0.372			0	0	0			60	1
3209545089399054208	83.65144	-5.04844	4.0062	0.7867	-1.666	0.624	10.647	0.579	20.494	2.224			0	0	0			0	0
3209545089399056768	83.64776	-5.05741	2.6884	0.1051	1.433	0.091	1.002	0.076	17.673	3.324			0	0	0			3	73
3209545153822194944	83.63882	-5.04915	4.7857	0.1202	38.563	0.103	-236.767	0.086	17.864	2.809			0	0	0			0	0
3209545222542288128	83.68002	-5.03274	1.6938	0.5966	8.010	0.510	-3.536	0.471	20.264	2.008			0	0	0			0	0
3209545295557478784	83.66408	-5.02963	2.5730	0.0841	2.591	0.072	-0.691	0.057	16.598	3.678			0	0	0			17	2

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209545394338912640	83.72883	-5.02458	2.1854	1.4291	1.579	0.993	-2.471	0.875	20.583	1.804			0	0	0			5	0
3209545398636670592	83.73091	-5.02763	2.5524	0.0265	1.044	0.023	0.016	0.020	14.919	2.111			0	0	0			48	76
3209545398636673024	83.72345	-5.02479	2.3882	0.1067	-0.717	0.092	-1.068	0.082	17.717	3.389			0	0	0			1	0
3209545467356145664	83.71985	-5.01414	2.6224	0.0433	0.283	0.038	0.727	0.034	16.094	2.898			0	0	0			3	45
320954549741716960	83.73370	-5.01530	2.7557	0.0785	1.283	0.069	-1.505	0.062	16.200	3.027			0	0	0			60	1
3209545501715880192	83.73561	-5.01868	2.5102	0.1478	2.296	0.133	-0.944	0.116	18.123	3.450			0	0	0			34	3
3209545501716780160	83.73400	-5.01548	2.5004	0.0989	1.280	0.157	-1.334	0.138	17.068	0			0	0	0			75	3
320954577295088640	83.71421	-5.00317	2.5432	0.0503	0.917	0.045	-2.032	0.039	16.282	2.960			0	0	0			19	0
3209545845313264256	83.69561	-4.98694	2.5340	0.0251	0.706	0.022	-0.530	0.019	14.983	2.098			1	1	0	1.0		67	26
3209545845313264384	83.69517	-4.98635	2.6155	0.0651	0.906	0.058	-0.034	0.048	16.810	2.970			0	0	0			48	68
3209545982753124352*	83.61145	-5.02160	2.8546	0.6750	0.790	0.525	1.912	0.465	15.703	2.724			0	0	0			0	12
3209546120191200512*	83.63715	-5.01121	2.7589	0.0499	0.493	0.044	-0.275	0.035	15.007	2.504			0	0	0			41	34
3209546154548253824	83.65376	-4.99682	2.5563	0.2590	-5.616	0.230	-1.190	0.199	18.985	3.140			0	0	0			0	0
3209546184618984576*	83.61051	-5.01683	2.9319	0.1741	0.176	0.168	0.861	0.115	15.320	2.293			0	0	0			1	34
3209546218978729216	83.61431	-5.00731	2.6827	0.1096	1.410	0.088	0.498	0.076	17.637	3.144			0	0	0			18	93
3209546253333854848	83.58985	-5.00360	2.6916	0.1124	2.074	0.102	-1.127	0.085	17.811	3.236			0	0	0			47	2
3209546287694329344	83.61316	-4.99312	3.0255	1.3920	1.999	1.220	-0.300	0.928	20.775	1.569			0	0	0			46	24
3209546356413094528	83.63654	-4.97964	2.7964	0.1079	1.083	0.089	0.067	0.071	17.182	3.300			0	0	0			45	80
3209546429428839680*	83.62588	-4.97511	3.1360	0.1511	0.239	0.130	-0.954	0.102	15.289	2.524			0	0	0			33	4
3209546429428840704	83.62599	-4.97718	2.9332	0.0993	0.487	0.083	0.406	0.069	17.538	3.359			0	0	0			12	63
3209546463788569216	83.67563	-4.99776	2.6836	0.0162	1.034	0.014	11.008	0.013	13.982	1.153			0	0	0			0	0
3209546463788571008	83.66786	-4.99650	2.5800	0.0368	10.653	0.033	-22.469	0.028	15.903	1.866			0	0	0			0	0
3209546498148302720	83.68313	-4.99255	3.7627	0.0349	-7.143	0.031	-1.177	0.026	15.713	2.006			0	0	0			0	0
3209546562568993408*	83.66726	-4.97775	2.3923	0.0798	2.339	0.065	-0.793	0.055	13.958	1.769			0	0	0			32	4
3209546601224782336	83.69732	-4.97714	1.9332	1.1883	-0.733	0.923	-0.704	0.884	20.605	1.522			0	0	0			1	0
3209546665648330368	83.68222	-4.96037	2.6367	0.1319	0.876	0.119	-0.681	0.104	18.088	3.566			0	0	0			83	21
3209546704306837760	83.68860	-4.95722	1.8629	0.6461	-0.826	0.526	0.796	0.500	20.218	1.904			0	0	0			0	1
3209546704307621888	83.69477	-4.96223	2.4551	0.0473	1.355	0.042	0.066	0.036	15.491	2.348			0	1	0	1.0		46	77
3209546837447036160	83.65166	-4.95271	2.4472	0.1410	2.237	0.117	-0.644	0.100	18.097	3.788			0	0	0			38	7

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209546876102699904	83.66887	-4.96131	2.7889	0.2381	-0.099	0.406	-2.011	0.354	18.469	0			0	0	0			3	0
3209546876105413632	83.67744	-4.95466	1.7745	0.6884	0.830	0.577	-1.808	0.527	20.147	2.120			0	0	0			29	0
3209546876105415168	83.66866	-4.96098	2.5565	0.0415	0.525	0.037	-1.699	0.030	15.935	2.531			0	0	0			25	0
3209546910465148928	83.68655	-4.94468	2.5133	0.0580	1.320	0.052	-1.301	0.044	16.723	2.550			0	1	0	1.0		77	3
3209547013544362624	83.76267	-4.99997	2.5587	0.0380	1.409	0.034	-0.926	0.029	15.715	2.946			1	1	0	1.0		96	11
3209547013544363136	83.76145	-5.00083	2.5710	0.0464	2.373	0.042	-0.820	0.037	16.243	3.118			0	0	0			30	3
3209547043605422976*	83.77369	-4.98166	2.3442	0.0609	1.866	0.053	-0.725	0.045	14.460	2.200			0	1	0	1.0		70	12
3209547077965168768	83.75271	-4.98142	3.2318	0.2263	0.141	0.200	37.489	0.183	19.012	2.707			0	0	0			0	0
3209547150983310208	83.77646	-4.97825	2.5627	0.0968	0.947	0.084	-2.326	0.072	17.536	3.187			0	0	0			8	0
3209547219702787840	83.76922	-4.97474	2.4177	0.0802	1.008	0.076	-0.139	0.065	16.688	2.626			0	0	0			60	63
3209547421562591872	83.76250	-4.95112	2.4990	0.0923	0.995	0.080	1.439	0.070	17.457	3.413			0	0	0			0	42
3209547460218141952	83.76840	-4.95430	2.7693	0.2747	1.579	0.241	-0.793	0.218	19.086	3.547			0	0	0			91	14
3209547460220952832	83.76394	-4.94528	2.5356	0.0248	0.962	0.021	1.481	0.019	14.844	2.159			0	0	0			0	38
3209547593361280000	83.81521	-4.95388	2.5120	0.0713	0.949	0.065	-1.112	0.054	16.871	3.206			0	1	0	1.0		81	6
3209547593364392704	83.81613	-4.95315	2.3122	0.3110	1.888	0.285	-1.048	0.247	19.220	3.388			0	0	0			64	4
3209547627721019904	83.78944	-4.95325	2.7044	0.1042	0.279	0.096	0.088	0.085	17.698	2.598			0	0	0			16	38
3209547666380287360	83.80460	-4.93124	2.6376	0.5525	2.069	0.519	-0.363	0.467	20.004	2.417			0	0	0			44	19
3209547906894711936	83.77974	-4.93079	3.1518	0.4002	1.025	0.339	-1.660	0.302	19.541	3.218			0	0	0			44	0
3209547941257283328	83.77935	-4.91577	2.5970	0.0273	1.285	0.025	0.690	0.021	15.125	2.075			0	0	0			10	95
3209547975617016448	83.80994	-4.92286	2.5306	0.0376	1.706	0.032	0.281	0.029	15.771	2.485			0	0	0			25	69
3209548044337409280	83.79330	-4.91141	2.9816	0.2405	9.644	0.209	-2.653	0.189	19.003	2.648			0	0	0			0	0
3209548113055989120	83.72266	-4.95912	2.6120	0.0629	0.817	0.053	0.605	0.047	16.654	3.123			0	0	0			11	88
3209548147415725568	83.73051	-4.94985	2.6619	0.1600	1.370	0.140	0.125	0.128	18.184	3.270			0	0	0			42	81
3209548181775468032	83.70382	-4.95399	2.5535	0.0579	0.702	0.053	-1.975	0.045	16.559	2.776			0	0	0			18	0
3209548216135201408	83.72447	-4.93952	2.5671	0.0385	1.351	0.035	-1.504	0.030	15.885	2.878			1	1	0	1.0		60	1
3209548246196343040	83.73193	-4.93654	2.6278	0.0752	0.707	0.081	-1.772	0.071	17.046	3.850			0	0	0			28	0
3209548250494938368	83.73940	-4.94597	2.3937	0.7229	2.258	0.614	-1.087	0.538	20.163	3.206			0	0	0			35	2
3209548280556080512	83.75108	-4.93580	2.5224	0.2100	1.725	0.190	-1.160	0.168	18.766	3.369			0	0	0			71	4
3209548284851847936	83.75554	-4.93254	2.5019	0.2097	1.441	0.191	-1.191	0.172	18.748	3.348			0	0	0			83	4

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartiq	UBC61	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209548452354779648	83.68854	-4.93406	3.0750	0.0126	-3.585	0.011	2.550	0.009	12.684	0.956	25.98	3.01	0	0	0			0	0
3209548456653372672	83.68766	-4.92762	2.5453	0.0731	0.948	0.065	-0.871	0.053	17.092	3.129			0	0	0			89	13
3209548456653554432	83.68753	-4.93313	2.4388	0.2140	2.465	0.191	0.021	0.167	18.442	2.709			0	0	0			12	13
320954852370038144	83.71681	-4.91702	2.9757	0.1942	1.613	0.170	-1.059	0.150	18.533	2.988			0	0	0			83	6
3209549006410084736	83.73230	-4.89380	2.3986	0.3568	1.953	0.301	-0.864	0.259	19.164	3.274			0	0	0			63	7
3209549036473421824	83.73920	-4.89062	2.1602	0.3669	3.350	0.325	-0.281	0.286	19.359	3.434			0	0	0			1	0
3209549070833161984	83.76035	-4.87501	1.8973	0.4230	11.267	0.365	-21.763	0.335	19.480	2.703			0	0	0			0	0
3209549105192900736	83.76417	-4.87548	3.5784	1.2469	0.700	1.127	-0.472	1.024	20.577	1.884			0	0	0			64	30
3209549109489298560	83.76954	-4.87827	2.8401	0.5043	2.270	0.442	0.069	0.414	19.889	2.586			0	0	0			17	23
3209549139552638208	83.74884	-4.86606	2.7247	0.1664	1.492	0.143	-1.800	0.127	18.148	3.530			0	0	0			35	0
3209549173912376960	83.75920	-4.87190	2.5518	0.7550	2.360	0.613	0.167	0.575	20.213	2.197			0	0	0			12	20
3209549246924736768	83.59479	-4.98141	3.2405	1.3520	2.816	1.061	0.622	0.806	20.670	2.346			0	0	0			1	6
3209549315646870656	83.58497	-4.97233	2.4469	0.0631	1.262	0.054	-0.712	0.044	16.760	3.024			0	1	0	1.0		99	21
3209549315646872960	83.58477	-4.98234	2.5880	0.0392	0.292	0.033	-0.148	0.028	15.879	2.598			0	0	0			24	30
3209549418726081536	83.59270	-4.96140	2.5435	0.0134	1.101	0.011	-1.420	0.009	12.731	1.269	26.62	8.09	0	0	0			66	2
3209549487445567488	83.55993	-4.97601	2.5858	0.0531	0.541	0.047	0.749	0.040	16.548	2.715			0	0	0			5	65
3209549762323451776	83.62653	-4.95144	2.5190	0.0492	2.148	0.044	-0.723	0.036	16.346	2.700			0	0	0			46	7
3209549831042932224	83.61522	-4.95142	2.4555	0.0504	1.774	0.044	-0.074	0.035	16.403	1.942			0	1	0	1.0		46	47
3209549831042934528	83.60724	-4.94872	2.5514	0.0195	1.574	0.017	0.319	0.014	14.156	1.863			0	0	0			26	80
3209549934122125568	83.66268	-4.92467	2.5300	0.0364	1.498	0.032	-1.235	0.026	15.580	3.094			1	1	0	1.0		78	4
3209550002841603712	83.64968	-4.92192	2.9136	0.0797	-3.142	0.069	-19.889	0.055	17.290	2.496			0	0	0			0	0
3209550032902742144	83.60768	-4.93268	2.5120	0.1508	1.161	0.128	-1.011	0.107	18.295	3.639			0	0	0			94	9
3209550037201361024	83.60786	-4.94096	2.5674	0.0264	1.242	0.023	-0.524	0.019	14.741	1.960			1	1	0	1.0		92	33
3209550071561984000*	83.61384	-4.92463	4.4173	0.5253	-2.026	0.471	-4.606	0.350	15.053	2.206			0	0	0			0	0
3209550105920840704	83.58939	-4.92993	2.5153	0.0428	1.656	0.038	1.646	0.030	16.003	3.406			0	0	0			0	22
3209550174640300032	83.61831	-4.91995	2.7291	0.0697	2.129	0.060	-0.522	0.049	17.059	3.082			0	0	0			44	12
3209550208997286400	83.63989	-4.90578	3.7284	1.2728	-0.306	1.255	-1.831	0.953	20.598	1.718			0	0	0			2	0
3209550312079289344	83.53185	-4.96032	2.6082	0.0676	-0.180	0.062	-1.489	0.053	16.893	3.341			0	0	0			7	0
3209550342142765056	83.55014	-4.94609	3.5563	0.3057	18.325	0.266	-11.583	0.245	19.185	3.000			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartiq	UBC61	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209550655674036864	83.50276	-4.92616	2.0129	0.3501	-1.675	0.324	1.343	0.284	19.254	3.427			0	0	0			0	0
3209550724393476992	83.53526	-4.91795	4.2980	1.4102	-1.621	1.160	6.187	1.058	20.746	2.806			0	0	0			0	0
3209550857538851584	83.58913	-4.92083	2.5663	0.3445	1.575	0.324	-0.361	0.277	19.692	2.451			0	0	0			75	38
3209550857540507392	83.58968	-4.92084	2.6515	0.4841	2.193	0.427	-0.734	0.368	19.863	1.875			0	0	0			43	6
3209550896194807424	83.60528	-4.91102	2.6558	0.0306	0.505	0.028	2.845	0.023	15.240	3.115			0	0	0			0	0
320955102353232128	83.60159	-4.88123	2.8138	0.1136	1.564	0.103	-0.986	0.085	17.805	3.527			0	0	0			88	8
3209551372937064704	83.58950	-4.86474	2.2932	0.3034	1.934	0.273	-0.812	0.239	19.434	3.180			0	0	0			64	9
3209551514670084992	83.67412	-4.89617	2.5161	0.0253	1.608	0.022	-0.167	0.018	14.957	2.314			1	1	0	1.0		60	50
3209551544732354304	83.68658	-4.90140	2.5463	0.1366	1.456	0.119	-0.330	0.100	17.829	3.434			0	0	0			77	43
3209551544732356224	83.69341	-4.90056	2.4221	0.1752	1.617	0.156	-0.799	0.132	18.385	3.431			0	0	0			89	13
3209551549027019648	83.69088	-4.90135	4.4651	2.0361	-2.562	1.348	1.023	1.235	20.756	1.516			0	0	0			0	0
3209551583390462848	83.70016	-4.88877	2.4233	0.3183	2.727	0.283	-0.533	0.245	19.285	3.193			0	0	0			11	2
3209551613451841664	83.67452	-4.89396	2.5037	0.0337	1.740	0.028	-0.305	0.023	15.322	2.588			1	1	0	1.0		63	35
3209551647812473216	83.68468	-4.88354	2.9995	0.5877	0.206	0.467	-0.886	0.426	20.059	2.776			0	0	0			31	5
3209551686468779136	83.64959	-4.89278	4.0055	0.5862	-1.079	0.478	1.950	0.392	20.063	2.717			0	0	0			0	0
3209551686468780416	83.64949	-4.89734	2.5646	0.0452	0.867	0.039	1.193	0.030	15.787	2.941			0	0	0			1	58
3209551686468781056	83.64673	-4.89785	2.5932	0.0495	0.541	0.043	0.935	0.034	16.316	3.182			0	0	0			2	58
3209552197569352064	83.74279	-4.84769	2.9313	0.2228	1.215	0.190	-1.384	0.161	17.625	3.909			0	0	0			70	2
3209552304944061312	83.68134	-4.86010	2.5336	0.0445	0.838	0.040	-0.777	0.033	16.073	2.802			1	1	0	1.0		82	16
3209552339303795072	83.70186	-4.84760	2.5054	0.0525	0.917	0.046	-0.724	0.038	16.299	2.017			0	1	0	1.0		87	19
3209552373663530880	83.71758	-4.85075	2.9847	0.2120	2.176	0.194	-0.800	0.161	18.191	2.654			0	0	0			44	6
3209552442383007744	83.69849	-4.83369	2.6069	0.0677	0.592	0.064	-1.061	0.052	16.607	2.702			1	1	0	1.0		58	5
3209552472447257728	83.71871	-4.82790	2.9150	0.1816	-0.425	0.159	0.228	0.138	18.351	2.998			0	0	0			1	7
3209552545462236160*	83.64653	-4.87166	2.4131	0.2747	0.257	0.244	1.344	0.188	17.956	1.934			0	0	0			0	22
3209552614181714176	83.62412	-4.86324	2.5166	0.0530	1.028	0.054	-0.832	0.040	16.413	2.630			0	0	0			93	15
3209552648541450624	83.64993	-4.87167	2.6322	0.0715	0.929	0.066	-0.052	0.052	17.157	2.954			0	0	0			50	68
3209552678602713344	83.65822	-4.85247	2.5343	0.0356	1.578	0.033	-0.087	0.027	15.805	2.345			1	1	0	1.0		54	57
3209552889059620736*	83.61148	-4.84599	2.6942	0.1492	2.648	0.131	-1.278	0.114	15.895	2.662			0	0	0			12	0
3209553026498569344	83.62527	-4.83073	2.5566	0.0204	1.641	0.018	0.190	0.015	14.437	1.779			1	1	0	1.0		32	70

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209553056559843968	83.66655	-4.84655	2.5812	0.1218	1.232	0.110	-1.000	0.088	17.836	3.060			0	0	0			95	9
3209553129574956160	83.65775	-4.84290	2.5102	0.6470	8.906	0.555	-8.543	0.479	20.290	2.080			0	0	0			0	0
3209553198295665152	83.69375	-4.81961	2.1141	2.4002	1.852	1.466	0.960	1.704	20.900	1.169			0	0	0			3	50
3209553365797521408	83.65406	-4.81972	2.5840	0.1855	2.195	0.171	-0.475	0.139	18.505	3.057			0	0	0			38	12
3209553365797526016	83.65717	-4.81602	2.4359	0.0503	-0.359	0.048	0.038	0.038	16.381	2.698			0	0	0			3	8
3209553438815424768	83.64633	-4.80997	2.4808	0.0621	1.475	0.060	0.677	0.046	16.786	3.325			0	0	0			10	88
3209553438815425024	83.64238	-4.80775	2.5284	0.0293	1.521	0.029	0.502	0.023	15.430	2.434			0	0	0			17	87
3209553473175156608*	83.67505	-4.80666	3.9559	0.0178	30.845	0.017	-26.482	0.014	13.181	1.428			0	0	0			0	0
320955350237547264	83.68154	-4.80578	2.4903	0.1886	1.763	0.174	-0.327	0.144	18.621	2.770			0	0	0			63	33
3209553571957060864	83.66904	-4.78873	2.3511	0.2337	-0.395	0.237	0.308	0.185	18.860	3.070			0	0	0			1	8
3209553576254369536	83.66602	-4.79109	2.5417	0.0666	0.809	0.065	-0.459	0.051	16.932	3.480			0	1	0	1.0		71	33
3209553576254369792	83.66584	-4.79225	2.5715	0.0644	0.880	0.063	-0.276	0.049	16.854	3.579			0	1	0	1.0		64	48
3209553610614241664*	84.01734	-5.06914	2.5416	0.1611	0.633	0.151	0.368	0.124	16.863	3.764			0	0	0			16	74
3209553709394630528	84.02138	-5.03330	2.8323	0.1218	30.728	0.110	26.239	0.094	18.043	2.539			0	0	0			0	0
3209553782413771264*	84.05574	-5.03973	3.6552	0.3768	1.653	0.342	2.758	0.288	17.259	3.253			0	0	0			0	0
3209553881196504448	84.00452	-5.05255	2.4235	0.8709	7.322	0.749	2.313	0.666	20.511	1.753			0	0	0			0	0
3209554022928781312	84.02639	-5.03536	2.3751	0.9716	-2.182	0.741	-2.049	0.680	20.647	1.562			0	0	0			0	0
3209554022931100032	84.02450	-5.03841	2.6164	0.1257	1.450	0.120	-1.833	0.099	17.958	3.116			0	0	0			33	0
3209554366528478848	84.08028	-5.00790	2.4033	0.0822	1.879	0.077	0.460	0.064	17.342	3.578			0	0	0			14	58
3209554366528479104	84.07984	-5.01065	2.2196	0.0648	1.201	0.061	-4.944	0.050	16.942	2.430			0	0	0			0	0
3209554400888216320*	84.08114	-4.99402	2.9471	0.6084	-3.860	0.584	-15.222	0.467	19.234	3.265			0	0	0			0	0
3209554430953449728	84.05162	-5.01473	2.2779	0.8231	0.636	0.891	-2.732	0.699	20.594	2.247			0	0	0			1	0
3209554435247957632*	84.04916	-5.00912	2.4128	0.2744	2.506	0.256	-0.786	0.206	15.198	2.502			0	0	0			22	2
3209554538327171968	84.04342	-4.99265	3.3781	0.1219	51.646	0.114	-42.365	0.094	18.005	2.654			0	0	0			0	0
3209554538327249024	84.04872	-4.98968	1.9768	0.0805	-3.614	0.079	-15.619	0.067	17.289	2.590			0	0	0			0	0
3209554744485606400	83.99842	-5.02468	2.0329	0.0687	9.541	0.060	8.625	0.052	16.921	2.750			0	0	0			0	0
3209554916284297344	83.99514	-5.00730	2.9334	0.2557	1.168	0.220	1.063	0.191	19.012	3.426			0	0	0			3	74
3209554916284297856	83.98314	-5.00206	3.4853	0.0822	6.552	0.073	6.847	0.064	17.349	2.433			0	0	0			0	0
3209554946347333888	83.99481	-4.99230	2.3180	0.7067	3.259	0.600	1.193	0.543	20.301	2.166			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartiq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209555049424444928	83.94669	-5.01250	2.3216	0.2678	29.094	0.238	-6.382	0.219	19.259	2.861			0	0	0			0	0
3209555053723252736	83.95355	-5.00795	2.5664	0.0433	-0.177	0.039	-1.059	0.034	16.047	2.723			0	0	0			11	1
3209555118146026368	83.97837	-4.98894	3.9946	1.3174	0.942	1.121	-1.537	1.040	20.749	2.773			0	0	0			51	1
3209555152504634496	83.98689	-4.98737	2.6724	0.1934	0.934	0.186	0.954	0.159	18.599	3.524			0	0	0			4	79
3209555221223160320	83.98693	-4.97645	2.7902	1.1894	6.895	1.116	-8.378	0.861	20.683	1.393			0	0	0			0	0
320955525521941760*	83.97819	-4.97225	2.0560	0.1872	1.869	0.181	1.017	0.152	17.147	1.479			0	0	0			2	46
3209555255590828544*	84.02087	-4.99492	2.5166	0.0392	12.171	0.034	0.756	0.029	14.615	1.361			0	0	0			0	0
3209555259881678848	84.02132	-4.99533	2.7941	0.0157	12.059	0.014	0.596	0.012	13.436	1.080			0	0	0			0	0
3209555294241416192	84.03893	-4.99044	3.3012	0.0449	8.749	0.040	-17.817	0.033	16.154	2.152			0	0	0			0	0
3209555294241416320	84.03807	-4.99083	3.3694	0.0308	8.761	0.027	-18.026	0.023	15.358	1.872			0	0	0			0	0
3209555393022836352	84.04625	-4.97141	2.4361	0.2691	-12.399	0.238	-19.586	0.207	19.160	3.111			0	0	0			0	0
3209555393025008256	84.04860	-4.97074	1.7048	0.7731	4.497	0.585	-0.001	0.507	20.243	1.975			0	0	0			0	0
3209555393026123904	84.05153	-4.97280	1.9183	0.3944	-1.982	0.346	1.474	0.288	19.564	2.944			0	0	0			0	0
3209555427381596928	84.05135	-4.97197	2.3551	0.1503	-1.584	0.134	1.104	0.114	18.201	3.437			0	0	0			0	0
3209555427384746752	84.04988	-4.96550	4.1686	1.1966	0.812	0.974	-3.684	0.890	20.660	1.862			0	0	0			0	0
3209555431678023808	84.05923	-4.96282	2.1967	1.1620	5.252	0.978	-5.999	0.760	20.660	2.322			0	0	0			0	0
3209555534759586432	83.99682	-4.97954	2.4921	0.0258	0.865	0.024	0.932	0.021	15.123	2.174			0	0	1	1.0		4	77
3209555569119322624	84.01398	-4.96124	2.5659	0.0394	1.976	0.037	-0.572	0.032	15.939	2.605			0	1	0	1.0		58	15
3209555569119323392	84.00938	-4.96966	2.0354	0.3752	16.343	0.323	2.136	0.281	19.572	2.447			0	0	0			0	0
3209555603476737920	83.99088	-4.96622	2.7983	1.5693	-4.562	1.088	-19.927	0.975	20.697	1.700			0	0	0			0	0
3209555672198537472	84.01853	-4.95917	2.8778	0.1301	-0.174	0.129	0.097	0.104	17.880	3.506			0	0	0			5	14
3209555740918014336*	84.01307	-4.95606	2.8270	0.3884	8.651	0.362	-12.180	0.293	18.786	3.015			0	0	0			0	0
3209555874058183808	84.09595	-4.98166	1.8706	0.2029	-2.332	0.195	4.600	0.160	18.883	3.138			0	0	0			0	0
3209556015795917184	84.11627	-4.96857	2.8895	0.0617	0.794	0.059	-1.420	0.046	16.799	2.916			0	0	0			53	2
3209556153232971392	84.07953	-4.96083	2.0213	2.0575	1.089	1.293	2.230	1.253	20.819	1.947			0	0	0			0	5
3209556698691997056	84.11614	-4.92902	4.1840	0.4049	-27.506	0.349	-24.769	0.284	19.750	0.444			0	0	0			0	0
3209556733051746048	84.13896	-4.92204	2.6198	0.0824	0.979	0.079	0.941	0.060	17.319	3.093			0	0	0			4	81
3209556973569875072	84.05413	-4.94286	4.1134	1.8823	1.476	1.254	3.800	1.040	20.782	1.575			0	0	0			0	0
320955711009893120	84.08415	-4.92997	2.3785	0.9119	1.462	0.689	-10.740	0.609	20.468	1.897			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartiq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209557282807552768	84.04657	-4.92678	2.1008	0.7581	-5.689	0.599	-0.628	0.587	20.462	1.845			0	0	0			0	0
3209557287106237056	84.05445	-4.92050	2.3723	0.0404	-1.675	0.035	1.461	0.029	16.018	2.254			0	0	0			0	0
3209557317168350848	84.06577	-4.92227	2.6553	0.0836	1.730	0.081	1.025	0.065	17.142	3.806			0	0	0			2	55
3209557424545189504	84.06845	-4.90959	2.5882	0.2340	70.958	0.211	-25.842	0.178	18.995	2.729			0	0	0			0	0
3209557458904977664	84.11216	-4.91838	2.6333	0.0938	1.534	0.090	0.686	0.072	17.546	3.415			0	0	0			10	84
3209557488966014848	84.12497	-4.90464	1.8725	0.2618	-2.227	0.234	-9.074	0.191	19.028	2.919			0	0	0			0	0
3209557493264664576	84.12159	-4.91430	2.5144	0.7535	-1.792	0.590	-1.416	0.517	20.351	2.524			0	0	0			0	0
3209557557685488256	84.11096	-4.90701	2.1496	1.3397	2.275	1.173	3.341	0.921	20.727	1.872			0	0	0			0	0
3209557626409149696	84.14690	-4.89600	2.7162	1.7976	3.950	1.589	-3.286	1.308	20.842	1.813			0	0	0			0	0
3209557798204759936	84.07749	-4.88761	1.8211	0.4047	3.829	0.372	-0.847	0.311	19.316	1.742			0	0	0			0	0
3209557802502310912	84.07914	-4.89736	2.5805	0.0669	1.343	0.060	0.996	0.050	16.561	3.079			0	0	1	1.0		3	77
3209557832564508032*	84.08772	-4.88049	2.0889	0.3413	12.213	0.318	-7.299	0.250	18.601	2.779			0	0	0			0	0
3209557836859688448	84.08908	-4.87966	2.3597	0.5423	11.706	0.464	-3.871	0.391	20.105	2.415			0	0	0			0	0
3209557974298636160	84.10664	-4.86583	3.9177	0.8726	-7.701	0.692	-3.280	0.572	20.416	2.289			0	0	0			0	0
3209558004367801856	83.93582	-4.99939	2.6723	0.1816	0.637	0.160	0.517	0.145	18.539	3.185			0	0	0			11	76
3209558008660753280*	83.92715	-4.99451	2.8481	0.0443	5.417	0.039	0.893	0.035	14.395	1.557			0	0	0			0	0
3209558073083526272	83.91884	-4.98693	2.9070	0.4705	3.193	0.370	0.472	0.350	19.852	2.985			0	0	0			0	1
3209558107444337024	83.93627	-4.97652	1.6882	0.7954	-1.982	0.596	4.501	0.526	20.270	1.872			0	0	0			0	0
320955811740029696*	83.92998	-4.97319	2.3866	0.1519	1.220	0.136	0.988	0.117	17.142	3.218			0	0	0			4	80
3209558146099703424	83.95862	-4.97129	2.3036	0.1230	-6.609	0.104	-20.253	0.092	18.000	2.665			0	0	0			0	0
3209558176161657344	83.97382	-4.96571	2.3577	0.1636	2.008	0.147	0.567	0.135	18.211	3.230			0	0	0			9	47
3209558180459440896*	83.97763	-4.96894	2.5537	0.0193	1.068	0.018	1.506	0.016	11.990	1.228	18.92	5.89	0	0	0			0	37
3209558244881145344	83.95137	-4.96192	1.8054	0.4027	-1.224	0.319	-4.790	0.291	19.502	2.689			0	0	0			0	0
3209558313601696384	83.92905	-4.96212	2.6891	0.1493	1.362	0.133	0.757	0.119	17.980	3.852			0	0	0			8	90
3209558347961434240	83.90969	-4.96699	2.6661	1.2105	5.580	0.944	12.204	0.957	20.700	2.134			0	0	0			0	0
3209558352255824128	83.90290	-4.95834	2.3791	0.1624	1.430	0.138	-0.817	0.126	18.048	3.496			0	0	0			97	15
3209558352255825920	83.90363	-4.96811	2.5026	0.1999	1.313	0.173	-1.014	0.157	18.505	3.660			0	0	0			95	9
3209558352258136192	83.90012	-4.96158	2.6452	0.1291	1.203	0.113	1.002	0.100	17.915	3.237			0	0	0			3	79
3209558386617873536*	83.91183	-4.95288	4.7176	0.7293	-0.279	0.602	3.016	0.527	19.699	2.264			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartiq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^2$, %
3209558386617873792	83.91681	-4.95811	2.3977	0.0319	0.318	0.028	0.224	0.024	15.182	2.760			0	0	0			13	45
3209558386617873920*	83.91639	-4.95874	2.9342	0.1993	0.528	0.174	1.605	0.150	14.187	2.314			0	0	0			0	21
3209558420977611008	83.93487	-4.95472	2.6497	0.0659	1.792	0.059	0.500	0.050	16.658	3.380			0	0	0			14	66
3209558489697088000	83.92353	-4.94842	3.8057	0.0207	7.897	0.018	-26.378	0.016	14.455	1.569			0	0	0			0	0
3209558524056824960	83.93758	-4.93416	2.3714	0.0867	2.369	0.076	0.539	0.066	17.060	3.259			0	0	0			5	22
3209558592776300032	83.98366	-4.94867	2.6167	0.0164	1.178	0.015	0.987	0.013	13.963	1.673			0	0	1	1.0		4	80
320955869585512704	84.00272	-4.93528	2.9228	0.0193	-10.007	0.016	-1.341	0.014	10.364	0.574	11.53	1.09	0	0	0	1.0		0	0
3209558764574989696	83.99295	-4.92685	2.5594	0.0656	1.144	0.057	1.597	0.048	16.855	2.858			0	0	1			0	31
3209558833294517632	83.96326	-4.94104	2.4563	0.1085	1.882	0.091	0.432	0.080	17.496	2.553			0	0	0			15	58
3209559176891717504	83.87931	-4.95557	2.5369	0.0317	0.932	0.025	0.821	0.022	14.876	2.327			0	0	0			6	87
3209559211251444992	83.88940	-4.93383	2.5543	0.0568	0.813	0.048	-0.144	0.043	16.280	3.068			0	1	0	1.0		52	57
3209559279971069440	83.91833	-4.92889	2.6009	0.0598	1.845	0.053	0.741	0.047	16.334	2.515			0	0	0			6	59
3209559310034114560	83.90896	-4.92806	2.7026	0.2112	1.303	0.180	-0.454	0.163	18.584	2.811			0	0	0			88	37
3209559417409874944	83.88345	-4.92659	2.6479	0.0953	1.211	0.083	-0.581	0.073	17.193	2.856			0	0	0			94	29
320955945176923552	83.86080	-4.93522	2.5431	0.0266	2.265	0.022	-1.278	0.020	14.584	2.258			0	0	0			29	1
3209559486126473216	83.86338	-4.92185	2.8817	0.1940	2.229	0.162	-0.005	0.147	18.547	2.687			0	0	0			21	23
3209559486129350912	83.87874	-4.92166	2.5296	0.0183	1.905	0.016	-1.178	0.014	14.136	1.675			1	1	0	1.0		58	3
3209559486129352576	83.86923	-4.91773	3.2053	0.0142	7.660	0.012	-11.026	0.011	12.422	1.120	9.21	12.76	0	0	0			0	0
3209559520489084544	83.89089	-4.91677	2.5548	0.1056	1.356	0.088	0.679	0.077	17.244	3.418			0	0	0			11	93
3209559584909834752	83.87983	-4.90421	2.5972	0.0302	1.711	0.025	0.810	0.022	9.078	-0.053			0	0	0			6	67
3209559584913086336	83.88168	-4.91040	2.1935	0.5834	1.544	0.467	-1.810	0.430	20.017	2.350			0	0	0			33	0
3209559619272852480	83.89167	-4.89947	2.8492	0.1230	0.849	0.110	-1.101	0.100	17.658	3.283			0	0	0			76	6
3209559623568295552	83.89180	-4.90315	2.6441	0.0440	0.236	0.039	0.326	0.033	15.651	2.608			0	0	0			9	41
3209559687992302080	83.94143	-4.91060	1.6977	0.5667	0.807	0.449	1.492	0.389	20.029	2.005			0	0	0			0	34
3209559692287927040	83.94822	-4.90667	2.4643	0.2153	4.774	0.170	-0.290	0.163	18.551	2.635			0	0	0			0	0
3209559791070461312	83.95655	-4.90341	2.5286	0.2856	1.019	0.243	0.807	0.210	19.104	3.357			0	0	0			7	90
3209559791071547392	83.95430	-4.89724	2.8197	0.1417	1.027	0.118	1.154	0.100	17.870	2.725			0	0	0			2	66
3209559795367140864	83.96627	-4.90298	1.8225	0.0207	11.393	0.018	-3.593	0.016	14.489	2.185			0	0	0			0	0
3209559864086618240	83.95242	-4.89682	2.5734	0.1839	0.990	0.154	-0.180	0.132	18.454	2.269			0	0	0			62	59

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartiq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209559898446184960	83.95468	-4.88514	2.6844	0.1038	1.336	0.091	-1.175	0.076	17.278	3.481			0	0	0			86	5
3209560031589714048	83.90674	-4.88350	2.7904	1.4245	7.959	1.010	-5.253	0.845	20.569	1.194			0	0	0			0	0
3209560035882164480	83.91462	-4.88606	2.6324	2.0552	1.623	1.774	3.458	1.539	20.821	1.212			0	0	0			0	0
3209560070241870848	83.93842	-4.88582	2.2031	2.5583	3.146	2.079	-2.921	2.729	20.933	0.212			0	0	0			0	0
3209560104601572480	83.95015	-4.87707	2.5554	2.2638	-0.001	1.656	3.003	1.291	20.829	1.411			0	0	0			0	0
3209560138964360064	83.91873	-4.87394	2.6556	0.0544	1.337	0.050	-1.122	0.044	15.958	2.533			1	1	0	1.0		89	6
3209560173324262016	83.93790	-4.86164	2.5854	0.0578	1.492	0.051	-0.975	0.043	16.397	3.216			1	1	0	1.0		92	9
3209560207681655040	84.02781	-4.92007	2.3664	0.6892	0.162	0.558	1.323	0.471	20.128	2.785			0	0	0			0	19
3209560375185129984	84.05571	-4.89185	2.5419	0.3461	5.983	0.300	-14.591	0.253	19.413	2.598			0	0	0			0	0
3209560482559561856*	84.00703	-4.90031	4.2046	0.1077	12.333	0.116	-16.873	0.093	13.795	0			0	0	0			0	0
3209560482561906304*	84.00734	-4.90005	3.9505	0.0756	13.910	0.065	-19.417	0.056	13.064	1.191	17.65	3.33	0	0	0			0	0
3209560619998508544	84.02222	-4.88800	2.4072	0.1903	1.458	0.320	0.997	0.270	18.029	0			0	0	0			3	72
3209560620000858624*	84.02206	-4.88779	2.9413	0.3457	3.084	0.323	3.125	0.257	17.572	3.175			0	0	0			0	0
3209560654361440512	84.03188	-4.87014	1.8756	1.0165	24.953	0.728	-1.419	0.611	20.415	1.941			0	0	0			0	0
3209560856226409600	84.06848	-4.85683	3.7247	1.9927	3.782	1.535	2.077	1.068	20.713	1.428			0	0	0			0	0
3209560890581245568	84.09177	-4.85778	1.8056	1.2242	0.572	0.960	-4.232	0.854	20.595	2.265			0	0	0			0	0
3209560890582102144	84.08763	-4.85769	2.2716	1.1484	18.007	0.957	-9.023	0.719	20.503	2.467			0	0	0			0	0
3209560963598238208	84.08345	-4.85078	2.5355	0.0764	1.052	0.066	1.018	0.055	17.095	3.017			0	0	0			3	77
3209561028025035264	84.03673	-4.86555	2.8949	1.4899	1.439	1.025	-4.161	0.961	20.645	1.575			0	0	0			0	0
3209561062379940480	84.05358	-4.85602	1.9816	0.4703	-0.418	0.443	-5.392	0.358	19.694	2.669			0	0	0			0	0
3209561234178648064	84.06227	-4.83599	1.9139	0.4223	13.528	0.361	-43.264	0.300	19.589	2.283			0	0	0			0	0
3209561307193284352	83.98103	-4.88780	3.9867	1.7580	1.867	1.500	0.245	1.053	20.697	1.904			0	0	0			23	55
3209561371619512704	83.96579	-4.87029	2.6619	0.1348	1.102	0.119	1.098	0.102	17.889	3.653			0	0	0			2	71
3209561375914929920	83.96569	-4.86900	2.7327	0.0958	1.003	0.084	0.958	0.073	17.415	3.598			0	0	0			4	81
3209561509056541056	83.98752	-4.85238	2.6307	0.1623	1.195	0.137	0.645	0.119	18.157	3.334			0	0	0			12	98
3209561753868926592	83.98620	-4.83689	1.9941	1.6553	-1.068	1.136	1.582	0.990	20.693	1.110			0	0	0			0	0
3209561856951438720*	84.02143	-4.85111	3.0952	0.1361	-0.480	0.122	2.290	0.101	15.517	2.694			0	0	0			0	0
3209561925670914816	84.01103	-4.83339	2.6107	0.1404	1.401	0.120	1.018	0.098	17.909	3.282			0	0	0			3	73
3209561925670914944*	84.01403	-4.83866	2.8867	0.0198	-11.842	0.018	-20.412	0.014	13.439	1.064			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209561925670915328	84.00552	-4.83634	1.9223	0.0170	-1.381	0.016	-0.254	0.013	14.034	1.493	33.58	5.05	0	0	0			0	0
3209561925671759616	84.01372	-4.82991	1.8380	0.3872	9.949	0.333	-2.551	0.273	19.499	2.886			0	0	0			0	0
3209562161891597056	84.01338	-4.82224	1.9858	0.2477	5.450	0.205	-2.754	0.173	18.861	2.819			0	0	0			0	0
3209562230612972416	84.00645	-4.80773	4.1779	1.1903	3.912	0.947	-11.019	0.717	20.554	2.319			0	0	0			0	0
3209562264973785472	84.02687	-4.80964	3.4739	1.4568	-4.786	1.224	-6.431	0.943	20.694	1.539			0	0	0			0	0
3209562299332464128	84.03148	-4.79230	3.5219	1.0382	-2.304	0.783	4.214	0.694	20.492	2.122			0	0	0			0	0
3209563982958560768	84.14703	-4.83789	4.3313	0.5237	22.192	0.447	-13.315	0.362	20.016	2.713			0	0	0			0	0
3209566873473235968	84.10751	-4.83887	2.6511	0.0200	0.787	0.017	0.128	0.014	14.329	1.858			0	0	0			33	74
3209566972253921792	84.15017	-4.81572	2.5843	0.2482	-1.618	0.214	1.710	0.169	19.025	3.405			0	0	0			0	0
3209567006615545344	84.12160	-4.81872	2.7897	1.0367	6.629	0.877	-2.943	0.693	20.397	2.411			0	0	0			0	0
3209567075335016192	84.08251	-4.82931	2.4935	0.5665	2.735	0.487	-2.603	0.391	19.953	3.029			0	0	0			0	0
3209567384573728640	84.16537	-4.80203	2.8510	0.5864	0.810	0.492	0.982	0.376	20.144	2.301			0	0	0			3	72
3209567663744835712	84.14341	-4.77574	1.8981	0.6274	2.262	0.501	9.221	0.397	20.185	2.276			0	0	0			0	0
3209568140486168192	84.09245	-4.77115	1.8544	0.9638	1.688	0.873	-2.772	0.650	20.534	1.906			0	0	0			1	0
3209568174846656384	84.04971	-4.78399	1.7148	0.9375	9.437	0.730	14.554	0.608	20.411	2.074			0	0	0			0	0
3209568449726721664	84.10955	-4.77339	2.1142	1.1596	0.982	0.891	1.611	0.708	20.511	1.144			0	0	0			0	29
3209568797618582144	84.08235	-4.74869	2.5732	0.0206	0.989	0.018	1.137	0.014	13.681	1.615			0	0	1	1.0		2	66
3209568866338114944	84.12213	-4.73333	2.7185	0.0633	1.131	0.056	1.149	0.044	16.748	3.009			0	0	0			2	67
3209570167709722496	84.14419	-4.72087	3.0780	0.2095	5.748	0.179	-25.871	0.137	18.570	2.960			0	0	0			0	0
3209571301580843776*	83.84129	-4.90205	2.3379	0.0446	1.119	0.043	1.926	0.037	14.200	1.925			0	0	0			0	13
3209571305879349248	83.85604	-4.90110	2.5518	0.0848	1.925	0.075	-0.370	0.066	16.952	2.819			0	1	0	1.0		54	24
3209571335943607552	83.87061	-4.90566	2.9639	0.5355	2.098	0.472	0.881	0.429	19.947	2.761			0	0	0			3	35
32095714089553636992	83.86139	-4.88928	2.7624	0.7194	0.558	0.595	-1.245	0.542	20.027	2.911			0	0	0			48	3
3209571477678049408	83.82763	-4.89600	2.5861	0.0629	1.020	0.059	0.004	0.050	16.605	2.554			0	1	0	1.0		49	74
3209571477678050560	83.82961	-4.90216	2.5478	0.0952	1.012	0.084	0.169	0.070	17.039	2.955			0	0	0			36	86
3209571512034873472	83.84063	-4.88665	2.5613	0.0192	1.967	0.016	0.851	0.015	11.724	0.955	23.73	3.35	0	0	0			4	46
3209571546394647680	83.82443	-4.89343	2.8318	0.4355	1.137	0.377	-0.551	0.328	19.592	3.106			0	0	0			92	31
3209571580755095296	83.82572	-4.88570	2.7338	0.5352	0.321	0.472	-1.285	0.419	19.745	1.828			0	0	0			31	1
3209571580757259648	83.83013	-4.88545	2.6810	0.0901	1.289	0.081	1.311	0.069	17.011	3.008			0	0	0			1	52

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209571580757261056	83.82317	-4.88441	2.6721	0.1337	1.154	0.113	-1.460	0.100	17.737	3.448			0	0	0			63	1
3209571580757261952	83.82662	-4.88988	2.5656	0.0862	1.337	0.078	-1.223	0.064	16.981	3.015			0	0	0			83	4
3209571645181278976	83.86502	-4.87204	2.6124	0.1231	0.965	0.104	1.303	0.087	17.604	3.385			0	0	0			1	52
3209571649474988800	83.85985	-4.87612	1.6735	2.7330	1.908	2.410	-1.605	2.346	20.955	-0.166			0	0	0			35	0
3209571683836467584	83.84390	-4.87697	2.4990	0.0693	1.363	0.061	-1.156	0.052	16.092	2.964			1	1	0	1.0		87	5
3209571718196200832	83.85344	-4.86697	2.5676	0.1406	1.942	0.115	0.100	0.101	17.644	3.404			0	0	0			28	44
3209571718196203776	83.83878	-4.86389	2.5998	0.1398	0.924	0.130	-0.417	0.117	17.835	4.052			0	0	0			76	39
3209571786915670016	83.90839	-4.87490	2.4570	0.1005	1.367	0.090	-1.361	0.077	17.456	2.942			0	0	0			72	2
3209571855635149824	83.88504	-4.86741	2.5561	0.0495	0.968	0.052	-0.995	0.039	15.535	2.385			0	1	0	1.0		87	9
3209571885699451520*	83.91558	-4.86158	2.4550	0.0277	0.927	0.026	0.575	0.023	12.102	1.529	22.70	4.63	0	0	0			13	94
3209571889993150720	83.91725	-4.85928	3.5402	0.2519	1.931	0.268	-3.509	0.202	17.392	1.685			0	0	0			0	0
3209571958715287680*	83.90096	-4.85582	2.2263	0.0578	1.902	0.053	-0.736	0.044	13.889	2.078			0	1	0	1.0		67	11
3209571988778667264	83.92051	-4.84892	3.0619	0.5356	12.779	0.987	5.472	0.821	19.434	1.894			0	0	0			0	0
3209572023138401664	83.86900	-4.87112	3.1454	0.2578	1.609	0.210	-0.837	0.202	18.627	3.028			0	0	0			89	12
3209572027433842816	83.86662	-4.85925	2.7123	0.0896	0.825	0.094	0.467	0.073	16.943	3.580			0	0	0			16	89
3209572027433843328	83.86857	-4.86527	2.3702	0.1410	0.591	0.141	-0.207	0.122	17.534	3.720			0	0	0			43	42
3209572027434768896	83.86595	-4.85837	1.7340	0.5670	-0.463	0.552	-0.335	0.438	19.823	1.142			0	0	0			3	3
3209572057498140928	83.88036	-4.85896	2.6153	0.1808	0.801	0.165	-1.245	0.127	18.266	2.957			0	0	0			65	3
3209572061793574912	83.88892	-4.85319	2.5765	0.0387	1.329	0.033	-0.942	0.029	15.641	2.626			1	1	0	1.0		97	11
3209572061793579264	83.87723	-4.85808	2.5668	0.0201	1.402	0.018	-1.460	0.016	14.292	1.813			1	1	0	1.0		63	1
3209572096153320192	83.85631	-4.85574	2.6308	0.0522	0.417	0.044	-1.241	0.038	15.540	2.019			0	0	0			39	2
3209572130511321088	83.87012	-4.83961	4.4775	2.8720	0.934	2.084	1.964	2.036	20.899	1.220			0	0	0			0	11
3209572130513055104	83.86660	-4.84413	2.4806	0.0838	1.049	0.070	-1.122	0.057	16.569	2.929			0	1	0	1.0		85	6
3209572164872788736	83.89026	-4.84699	2.6521	0.1631	0.864	0.143	1.190	0.121	18.178	3.160			0	0	0			1	59
3209572164872789760	83.88756	-4.85029	2.6545	0.1427	1.575	0.124	-1.157	0.104	17.808	3.482			0	0	0			80	4
3209572233589255680	83.88480	-4.83991	3.9878	2.6926	1.403	1.807	-4.480	1.574	20.836	0.120			0	0	0			0	0
3209572233592263168	83.88221	-4.83130	2.5817	0.0856	1.427	0.071	-1.173	0.059	16.383	2.991			1	1	0	1.0		85	5
3209572233592263424	83.88898	-4.83755	2.6181	0.0438	1.490	0.037	0.742	0.030	7.305	-0.226			0	0	0			8	85
3209572233592263808	83.88635	-4.83663	2.5229	0.0228	1.680	0.018	-1.507	0.015	13.992	1.805			1	1	0	1.0		51	1

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209572263656572160	83.89361	-4.82415	2.0361	1.0480	-4.060	0.802	8.542	0.647	20.424	2.190			0	0	0			0	0
3209572267951998080	83.89260	-4.83147	2.5360	0.0252	0.550	0.021	-1.649	0.019	14.794	1.993			0	1	0	1.0		28	0
3209572267952916608	83.88853	-4.82343	1.8541	0.5927	3.696	0.508	2.891	0.426	19.922	1.637			0	0	0			0	0
3209572332376041856*	83.82166	-4.87145	1.9611	1.3049	-0.759	1.094	-1.207	0.971	19.959	1.961			0	0	0			1	0
3209572405388103808	83.80272	-4.87204	3.8289	0.9948	1.927	1.128	0.394	0.874	20.518	1.462			0	0	0			15	53
3209572405390979840*	83.80561	-4.86248	2.4265	0.0466	1.421	0.039	-1.437	0.035	9.373	0.734			0	0	0			65	1
3209572405390981760	83.80214	-4.86545	2.5339	0.0184	1.407	0.017	-0.735	0.014	14.180	2.033			0	1	0	1.0		97	19
3209572435455257344	83.82362	-4.86207	2.8230	0.2352	0.705	0.228	-1.177	0.207	18.785	0.998			0	0	0			62	4
3209572474110447232	83.83455	-4.85889	2.3048	0.2431	2.156	0.211	0.020	0.192	18.846	2.526			0	0	0			23	28
3209572504174733312	83.81827	-4.84991	3.5220	0.6179	-0.179	0.552	1.574	0.468	19.957	1.989			0	0	0			0	5
3209572508470187264	83.81572	-4.84845	2.7327	0.1041	1.713	0.096	-0.830	0.080	17.326	3.340			0	0	0			82	11
3209572538534472192	83.82201	-4.84064	2.1965	0.5118	6.845	0.440	-6.200	0.387	19.816	1.790			0	0	0			0	0
3209572542829921408*	83.82658	-4.84194	2.0903	0.2877	1.451	0.253	1.031	0.209	16.272	2.663			0	0	0			3	70
3209572611549411200	83.79209	-4.85228	2.5258	0.0521	0.573	0.047	-1.143	0.039	15.773	2.484			0	1	0	1.0		54	4
3209572680268887296*	83.78020	-4.84042	2.6062	0.0496	1.752	0.041	0.582	0.035	15.405	2.797			0	0	0			11	69
3209572714628617984	83.81255	-4.84689	2.1770	0.0439	-5.401	0.039	2.161	0.033	15.983	2.084			0	0	0			0	0
3209572813412377088	83.80090	-4.82454	3.1239	0.8364	1.599	0.658	-1.199	0.621	20.279	1.509			0	0	0			76	4
3209572817707830272	83.79910	-4.82507	2.5895	0.0991	1.484	0.085	-1.543	0.070	17.253	3.421			0	0	0			55	1
3209572847772120320	83.84923	-4.83794	2.5136	0.0533	0.767	0.046	-1.027	0.041	14.689	1.753			0	1	0	1.0		73	7
3209572852067565568*	83.83964	-4.84591	2.5849	0.0187	1.079	0.016	-1.026	0.015	11.873	1.482	23.01	4.46	1	1	0	1.0		91	9
3209572882131858944	83.85059	-4.83586	2.5839	0.0855	0.284	0.077	-1.365	0.060	16.134	1.987			0	0	0			27	1
3209572916491595392	83.83602	-4.83045	3.0382	0.2410	0.782	0.217	-0.686	0.177	18.264	1.893			0	0	0			77	20
3209572916491595904*	83.84103	-4.83881	2.4451	0.0304	0.368	0.026	-1.737	0.024	14.102	2.014			1	1	0	1.0		18	0
3209572920784077056	83.83269	-4.83624	1.7453	0.9398	0.192	0.709	-3.373	0.580	20.352	-0.206			0	0	0			0	0
3209572950851335808	83.85062	-4.82511	2.6095	0.0993	1.365	0.085	-1.106	0.069	17.409	2.638			0	0	0			90	6
3209572955143797632	83.84617	-4.83103	2.5727	0.0890	0.359	0.073	-1.827	0.066	16.488	2.628			0	0	0			14	0
3209572955146774656	83.85281	-4.82862	2.5365	0.0303	1.583	0.025	-1.338	0.021	14.877	2.180			1	1	0	1.0		68	2
3209572985210019712	83.87056	-4.82054	2.5120	0.1161	2.185	0.112	-0.082	0.089	17.458	2.599			0	0	0			26	23
3209572989506724352*	83.87480	-4.83113	2.9824	0.1973	1.284	0.168	-0.934	0.142	14.449	2.373			0	0	0			98	11

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209573058225987712	83.85704	-4.82538	2.5838	0.0715	1.304	0.060	-1.427	0.049	16.275	2.475			1	1	0	1.0		67	2
3209573058226152064	83.85969	-4.82401	2.4390	0.0731	1.452	0.064	-1.251	0.052	16.382	2.714			0	1	0	1.0		79	3
3209573092585717504*	83.86956	-4.80457	2.7002	0.0740	1.657	0.065	-0.599	0.051	16.039	1.857			0	0	0			83	21
3209573161305203200*	83.84700	-4.81795	2.4349	0.0670	0.802	0.056	0.814	0.047	14.341	2.176			0	0	0			5	81
3209573161305206784	83.83003	-4.81428	2.6934	0.0903	0.832	0.072	-1.598	0.062	17.034	2.945			0	0	0			43	0
3209573191368451712	83.81943	-4.81806	2.8518	0.3728	-1.250	0.322	4.434	0.248	19.247	2.181			0	0	0			0	0
3209573225728190592	83.82590	-4.81559	2.2805	0.4531	-3.404	0.416	-16.505	0.332	19.706	2.127			0	0	0			0	0
3209573230025608832	83.83232	-4.80503	2.5979	0.1287	1.633	0.112	-0.714	0.090	17.540	2.769			0	0	0			87	17
3209573260087930880	83.84177	-4.80972	2.6175	0.1652	0.923	0.142	0.939	0.115	18.123	2.997			0	0	0			4	79
3209573260088980224	83.84642	-4.80765	2.1428	0.1997	1.068	0.171	-1.354	0.118	18.415	1.765			0	0	0			70	2
3209573264382572544	83.84551	-4.80544	1.8282	2.1477	2.729	1.223	-1.452	0.895	20.627	1.326			0	0	0			7	0
3209573264384415360	83.84886	-4.80465	2.6150	0.0724	1.801	0.060	-1.158	0.051	16.295	2.682			0	0	0			66	3
3209573264384416768*	83.84500	-4.80830	2.3774	0.1881	0.416	0.155	0.445	0.130	14.670	2.286			0	0	0			10	57
3209573367460601856	83.83926	-4.79042	2.5151	0.0970	0.117	0.081	-1.543	0.067	17.213	2.600			0	0	0			14	0
3209573367463628544	83.83908	-4.79006	1.7187	0.9809	-0.092	0.955	-1.788	0.835	20.276	0			0	0	0			5	0
3209573401823357568	83.94390	-4.84603	1.6926	0.0360	6.789	0.032	-10.936	0.026	15.774	1.666			0	0	0			0	0
3209573401823357952	83.94189	-4.84506	2.7838	0.1214	1.978	0.111	0.873	0.088	17.841	2.827			0	0	0			3	44
3209573436180020096	83.93639	-4.83634	2.1701	0.1698	1.503	0.179	-0.653	0.146	18.088	0			0	0	0			92	22
3209573436183093120	83.95029	-4.83903	2.6161	0.0708	1.854	0.063	0.188	0.052	16.776	3.631			0	0	0			27	54
3209573436183095296	83.93594	-4.83606	2.5573	0.0274	1.504	0.025	-0.999	0.020	14.996	2.397			1	1	0	1.0		91	8
3209573470542837120	83.92411	-4.84106	2.6755	0.0573	1.682	0.052	0.274	0.043	16.506	2.920			0	0	0			26	70
3209573569326633600	83.97171	-4.81692	4.9055	0.7313	2.098	0.602	5.000	0.513	20.273	2.291			0	0	0			0	0
3209573573622040320	83.96709	-4.82089	2.7256	0.0971	1.255	0.086	-0.957	0.072	17.502	3.463			0	0	0			97	11
3209573706764525184	83.92504	-4.82074	2.9585	0.7424	-37.287	0.602	-8.204	0.518	20.240	2.188			0	0	0			0	0
3209573745417694464	83.89335	-4.81755	3.8369	0.4170	-0.384	0.343	-0.265	0.274	19.456	2.444			0	0	0			4	5
3209573745420744448	83.89440	-4.81601	3.3007	0.3958	-1.121	0.364	0.715	0.288	19.444	1.719			0	0	0			0	0
320957375484007040	83.91984	-4.80850	2.6614	0.0140	0.746	0.013	0.039	0.011	12.514	1.220	22.08	2.80	0	0	1		1.0	37	67
3209573779777386496	83.92033	-4.80893	2.7411	0.1644	1.011	0.302	-0.192	0.142	17.425	1.671			0	0	0			64	58
3209573779780478592	83.90846	-4.80927	2.5739	0.0356	0.767	0.030	0.874	0.024	15.447	2.322			0	0	1		1.0	4	76

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^2$, %
3209573814137104256	83.93427	-4.80176	2.2571	0.6371	6.844	0.711	-2.555	0.455	19.129	1.712			0	0	0			0	0
3209573814140210944	83.93389	-4.80137	2.4646	0.0272	1.493	0.023	-0.861	0.020	14.826	1.973			1	1	0	1.0		95	13
3209573878563224320	83.91991	-4.79416	2.1889	0.5002	1.715	0.420	0.028	0.338	19.688	2.673			0	0	0			41	56
3209573951579158144	83.97698	-4.80138	2.7070	0.0166	1.226	0.015	0.889	0.012	11.814	1.064	26.44	6.36	0	0	1	1.0		5	87
3209573985935739392	83.98500	-4.80094	1.9813	0.9663	-0.606	0.790	-0.532	0.627	20.569	1.326			0	0	0			2	1
3209574020298633344	83.97172	-4.79299	2.2964	0.0219	-1.894	0.022	0.870	0.017	14.423	1.603			0	0	0			0	0
3209574020298820736	83.96664	-4.79714	2.0701	1.2460	1.553	1.062	-2.432	0.867	20.637	0.450			0	0	0			6	0
3209574054658370304	83.97524	-4.78874	2.5550	0.0310	1.150	0.029	-0.712	0.022	15.153	2.295			1	1	0	1.0		97	21
3209574054658371200	83.97533	-4.79513	2.5789	0.0268	1.234	0.025	0.953	0.020	14.920	2.105			0	0	1	1.0		4	82
3209574084720879616	84.00224	-4.78362	2.1649	1.3099	3.058	1.140	-5.923	0.766	20.545	1.889			0	0	0			0	0
3209574089014927744	84.00261	-4.79104	2.4400	0.3950	-1.313	0.330	1.717	0.268	19.535	2.983			0	0	0			0	0
320957418700872832	84.00813	-4.77451	2.0001	1.4606	-1.028	1.013	-0.175	0.796	20.573	1.448			0	0	0			0	0
3209574226453935360	83.95782	-4.79575	2.3151	0.2203	17.004	0.206	-27.182	0.160	18.830	2.544			0	0	0			0	0
3209574329536277504	83.95776	-4.77568	2.5968	0.0547	0.445	0.045	-0.398	0.036	15.845	3.005			0	0	0			42	25
3209574428318307712	83.96120	-4.76136	2.6021	0.7884	10.734	0.630	9.211	0.488	20.274	2.123			0	0	0			0	0
3209574428319043840	83.97466	-4.75828	2.7097	0.1774	1.342	0.154	0.239	0.117	18.172	2.772			0	0	0			33	88
3209574501331931392	83.88761	-4.80813	1.9929	1.0873	-0.530	0.911	-0.459	0.734	20.530	0.732			0	0	0			3	2
3209574535691644160	83.89544	-4.79689	3.4842	0.5703	3.325	0.542	1.339	0.422	19.960	1.815			0	0	0			0	0
3209574535694898048*	83.90629	-4.79869	2.8488	0.1895	2.563	0.164	1.059	0.135	14.334	1.454			0	0	0			0	10
3209574570051399680	83.88070	-4.79477	2.7403	1.8332	0.010	1.306	-1.624	1.069	20.698	2.350			0	0	0			10	0
3209574570051402496	83.88563	-4.80234	2.4776	0.2065	0.782	0.167	-0.732	0.139	18.378	2.955			0	0	0			77	18
3209574604414198272	83.89676	-4.79437	2.5213	0.0302	1.038	0.025	-0.622	0.022	15.164	2.426			1	1	0	1.0		91	26
3209574604414199296	83.88997	-4.79247	2.6185	0.1014	0.821	0.082	-1.158	0.068	17.278	2.972			0	0	0			71	5
3209574604414200192	83.89276	-4.79773	2.0093	0.6064	2.203	0.476	-3.975	0.393	19.933	1.792			0	0	0			0	0
3209574673133667712	83.92927	-4.78343	2.5424	0.0520	0.918	0.045	-0.884	0.037	16.147	2.619			1	1	0	1.0		87	13
3209574707493411712	83.89377	-4.78192	2.6336	0.0468	1.310	0.041	-0.894	0.035	15.747	2.957			1	1	0	1.0		99	13
3209574707494332288	83.90514	-4.78320	2.5125	0.1228	0.862	0.104	0.398	0.086	17.162	3.173			0	0	0			20	90
3209574741853143552	83.91676	-4.76539	2.5532	0.0183	1.413	0.016	-0.701	0.013	14.060	1.912			1	1	0	1.0		97	20
3209574776209846144	83.86049	-4.78924	1.9530	0.9012	3.093	0.673	-2.612	0.555	20.331	0.865			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209574776212894976	83.86938	-4.79073	2.4126	0.0700	1.686	0.061	-0.724	0.049	15.909	2.985	20.93	3.16	1	1	0	1.0		84	15
3209574776212896384	83.86203	-4.79188	2.5273	0.0181	1.463	0.015	-1.180	0.013	11.967	1.342			1	1	0	1.0		83	4
3209574806276162816	83.88458	-4.78013	2.7034	0.3127	1.732	0.265	-1.314	0.210	19.051	2.029			0	0	0			62	2
3209574810572628352	83.88427	-4.78261	2.5140	0.0243	1.768	0.021	-0.667	0.018	14.614	2.184			1	1	0	1.0		77	16
3209574913651840640	83.89040	-4.77329	2.5597	0.0255	1.774	0.022	-0.945	0.018	14.839	2.051			1	1	0	1.0		76	7
3209574948011576192*	83.90378	-4.76948	2.8176	0.0693	5.883	0.059	0.672	0.047	14.919	1.779			0	0	0			0	0
3209575085450709120	83.94027	-4.75796	2.2841	0.0229	6.793	0.019	10.757	0.016	14.535	1.329			0	0	0			0	0
3209575149873550336	83.93434	-4.75411	1.7290	0.6197	-8.227	0.479	11.586	0.392	19.886	2.458			0	0	0			0	0
320957522886272512*	83.97131	-4.74035	2.6589	1.2389	1.377	1.029	-3.273	0.765	20.279	1.915			0	0	0			0	0
3209575257250246016	83.95205	-4.74057	2.7485	0.9436	3.102	0.867	-0.598	0.648	20.216	1.693			0	0	0			3	0
3209575356030175744	83.92147	-4.73933	2.5258	1.5154	12.869	1.121	4.743	0.829	20.564	1.515			0	0	0			0	0
3209575394688171008	83.89717	-4.73896	2.3903	0.1127	1.215	0.097	0.608	0.081	17.415	3.299			0	0	0			13	98
3209575429045733504	83.91787	-4.73101	1.9287	1.2321	1.193	0.991	-0.966	0.818	20.528	1.155			0	0	0			96	10
3209575429047904768*	83.91596	-4.73462	2.4962	0.0885	1.443	0.078	0.728	0.062	14.943	2.243			0	0	0			9	88
3209575463407638400	83.93882	-4.72768	2.5036	0.0344	1.195	0.029	-0.507	0.024	15.254	2.698			0	1	0	1.0		91	34
3209575463407640960	83.93546	-4.73776	2.5401	0.0250	1.028	0.021	0.981	0.018	14.809	2.070			0	0	1			3	79
3209575493471996672	83.93885	-4.72644	2.7978	0.2458	1.269	0.217	-0.632	0.169	18.694	3.026			0	0	0			97	25
3209575562189789184*	83.92671	-4.71587	3.1358	0.4574	2.065	0.385	-0.591	0.315	18.906	1.642			0	0	0			51	12
3209575600846656128	83.76547	-4.84807	2.5728	0.0283	0.450	0.024	-0.935	0.021	14.544	2.070			1	1	0	1.0		49	7
3209575669566133632*	83.74733	-4.83657	2.3106	0.2140	0.577	0.177	-0.471	0.149	14.794	2.548			0	0	0			54	26
3209575699629346816	83.76491	-4.82790	2.8583	0.8198	0.804	0.643	0.502	0.594	20.208	2.419			0	0	0			14	88
3209575703925862912	83.75998	-4.82116	2.5511	0.0416	1.760	0.034	-0.683	0.029	15.699	2.577			0	1	0	1.0		78	16
3209575703925864576*	83.76110	-4.82483	2.5908	0.0321	1.377	0.026	-1.334	0.023	13.969	2.427			0	1	0	1.0		74	3
3209575772645331328	83.78966	-4.82057	2.5554	0.1575	0.067	0.137	0.083	0.113	18.228	3.338			0	0	0			10	25
3209575807002165248*	83.77083	-4.82035	3.2671	0.2971	1.646	0.251	-1.406	0.211	14.669	2.123			1	1	0	1.0		60	1
3209575807005070848	83.77442	-4.81204	2.5747	0.0264	0.417	0.024	-1.111	0.020	14.959	2.087			0	0	0			43	4
3209575807005072000	83.77894	-4.81939	2.6132	0.0829	1.358	0.075	-1.062	0.060	16.889	2.793			0	1	0	1.0		92	7
3209575807005074560	83.77147	-4.82092	2.5739	0.1152	1.721	0.097	0.581	0.084	17.290	2.386			0	0	0			12	72
3209575875724566144	83.72961	-4.82820	2.4551	0.0672	0.785	0.061	-0.823	0.052	16.775	2.758			0	0	0			78	14

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209575905788826624	83.74737	-4.82480	2.1382	0.2542	1.934	0.224	-13.222	0.185	18.829	2.468			0	0	0			0	0
3209575910084299520	83.74132	-4.82021	2.5769	0.0439	2.099	0.037	0.067	0.031	15.816	2.569			0	0	0			23	33
3209575978803771008	83.73680	-4.80199	2.4980	0.1249	0.611	0.109	0.083	0.098	17.805	2.606			0	0	0			29	61
3209575978803775488*	83.72975	-4.80771	2.2749	0.0449	1.275	0.040	-1.681	0.033	13.369	1.764	35.09	1.58	1	1	0	1.0		46	0
3209576013160606336	83.75223	-4.80994	2.5350	0.1605	1.665	0.142	-1.712	0.115	18.400	1.994			0	0	0			37	0
3209576013163656064	83.76243	-4.80911	2.5161	0.0519	2.021	0.044	-2.050	0.036	15.890	2.033			0	1	0	1.0		12	0
3209576013164433408	83.76429	-4.81321	2.1882	0.4895	0.690	0.390	0.416	0.345	19.747	2.613			0	0	0			16	79
3209576043226740992	83.76568	-4.79771	2.5743	0.1405	1.380	0.120	-0.783	0.103	17.928	2.363			0	0	0			98	17
3209576047523236992*	83.77188	-4.80080	2.5594	0.2311	1.881	0.189	-1.505	0.157	15.317	2.792			0	0	0			42	0
3209576077585664640	83.74488	-4.80120	2.0389	0.1785	3.270	0.158	10.378	0.133	18.161	2.223			0	0	0			0	0
3209576116242714624	83.75870	-4.79192	2.7716	0.1187	1.264	0.109	-0.824	0.091	17.390	3.146			0	0	0			99	16
3209576146305954560	83.80212	-4.80600	2.3256	0.3536	1.805	0.289	-0.717	0.216	19.007	2.719			0	0	0			75	13
3209576322401123200	83.84520	-4.77820	2.5699	0.0430	0.756	0.036	-0.738	0.031	15.920	2.639			1	1	0	1.0		75	17
3209576459840087936*	83.79827	-4.77608	2.3920	0.3695	1.526	0.303	-1.542	0.240	15.245	2.629			0	0	0			54	1
3209576459840091008	83.79575	-4.78682	2.7041	0.0440	1.560	0.036	-1.474	0.030	16.046	2.558			0	0	0			58	1
3209576459840251776	83.78625	-4.78124	2.5383	0.0624	1.144	0.051	-0.245	0.041	16.362	1.721			1	1	0	1.0		72	55
3209576494199830784	83.76954	-4.77276	2.3345	0.2550	1.196	0.213	0.512	0.218	19.231	1.710			0	0	0			17	99
3209576494199832704	83.77008	-4.78584	2.4564	0.1450	1.154	0.126	-0.853	0.099	17.718	2.943			0	0	0			98	15
3209576528559565184	83.78149	-4.76533	2.7262	0.1396	1.506	0.126	-0.174	0.103	17.679	3.199			0	0	0			64	54
3209576528559728000	83.78059	-4.76528	2.5917	0.1246	0.781	0.117	-0.763	0.099	17.868	2.853			0	0	0			78	16
320957659729031680*	83.81973	-4.76239	2.5638	0.0368	0.808	0.030	-0.659	0.025	14.002	1.817			1	1	0	1.0		78	21
3209576631638777472	83.79520	-4.76738	2.5027	0.0876	-0.170	0.074	-0.568	0.061	17.195	2.882			0	0	0			11	5
3209576665998511232	83.79869	-4.75192	1.7047	0.1341	-6.175	0.124	-5.755	0.099	18.046	1.907			0	0	0			0	0
3209576696059883904	83.71065	-4.81033	2.9263	0.1855	0.684	0.168	0.668	0.158	18.772	2.966			0	0	0			8	78
3209576696060945536	83.71151	-4.80568	2.7559	0.3735	0.744	0.332	-0.991	0.286	19.607	1.975			0	0	0			72	8
3209576769077759744*	83.71368	-4.79919	2.5503	0.0378	0.653	0.035	-0.829	0.029	12.904	1.713			1	1	0	1.0		67	12
3209576769077761152*	83.70098	-4.79449	2.5169	0.0205	0.744	0.019	-0.425	0.015	13.395	2.195			1	1	0	1.0		65	34
3209576769077761792	83.70264	-4.79722	2.5948	0.0440	1.693	0.042	0.504	0.034	16.059	2.612			0	0	0			15	74
3209576837797223168	83.74538	-4.78977	2.8693	0.2023	0.693	0.179	0.253	0.156	18.583	2.756			0	0	0			23	75

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209576872157880192*	83.75193	-4.77912	2.7092	0.6280	0.073	0.581	-1.616	0.491	18.408	3.173			0	0	0			12	0
3209576936579178496	83.73159	-4.77462	2.4360	0.3145	11.070	0.269	3.509	0.249	19.211	2.544			0	0	0			0	0
3209576940876434048	83.73675	-4.76800	2.6084	0.0418	1.739	0.038	-0.849	0.032	14.898	1.937			1	1	0	1.0		80	10
3209576940876434176	83.73433	-4.76594	2.5121	0.0256	1.991	0.025	-0.707	0.019	8.841	0.147			1	1	0	1.0		59	10
3209576970937813888	83.69277	-4.78740	2.6170	0.1205	1.328	0.111	-0.538	0.096	17.798	3.235			0	0	0			93	31
3209576970939677312	83.69541	-4.79465	2.5481	0.9779	0.746	0.879	0.720	0.788	20.574	1.898			0	0	0			7	81
3209577039659060736	83.68631	-4.78261	3.6628	0.6644	1.458	0.546	-0.637	0.537	20.159	2.013			0	0	0			94	23
3209577108377878016	83.71710	-4.77181	2.4119	0.1910	4.104	0.168	-5.361	0.148	18.554	2.169			0	0	0			0	0
3209577147031948032	83.72642	-4.77004	3.5595	0.4927	1.790	0.423	0.111	0.359	19.776	3.527			0	0	0			33	56
3209577147034864896	83.72697	-4.76092	2.5061	0.1351	1.988	0.125	-0.473	0.103	17.804	3.343			0	0	0			54	18
3209577250111114240	83.75736	-4.77133	3.0063	0.3380	2.139	0.274	-0.345	0.240	19.230	3.328			0	0	0			38	17
3209577353191123840	83.76196	-4.75197	3.1189	1.8084	-0.434	1.853	-4.393	1.432	20.816	1.573			0	0	0			0	0
3209577421909729920	83.79014	-4.74704	2.4681	0.2570	1.484	0.236	-0.441	0.193	18.970	1.487			0	0	0			84	35
3209577421912751616	83.79505	-4.73633	2.5382	0.0677	0.489	0.063	-1.200	0.051	16.709	2.489			1	1	0	1.0		45	3
3209577451977080320	83.76577	-4.74091	2.7075	0.2795	0.144	0.244	-0.339	0.207	18.914	0.324			0	0	0			22	17
3209577451977080576	83.76719	-4.74712	2.9113	0.2103	0.710	0.186	-1.432	0.160	18.791	1.538			0	0	0			48	1
3209577524989010432	83.74399	-4.75119	1.6941	0.6343	-0.859	0.538	-4.910	0.469	19.981	2.127			0	0	0			0	0
3209577555056294528	83.75067	-4.73631	2.6172	0.1485	1.926	0.131	-0.431	0.113	17.995	2.128			0	0	0			57	22
3209577623774015360	83.73953	-4.73871	2.3036	0.1630	4.842	0.143	-8.781	0.128	18.335	2.467			0	0	0			0	0
3209577658135510400	83.76284	-4.73798	2.5445	0.1391	0.575	0.142	-0.285	0.109	17.918	1.052			0	0	0			46	37
3209577692491953024*	83.76995	-4.73184	2.7552	0.0769	0.971	0.072	0.113	0.057	7.310	-0.078			1	1	0	1.0		39	81
3209577726854986240	83.74595	-4.71876	1.7712	0.3180	-0.467	0.277	-3.245	0.255	19.184	2.924			0	0	0			0	0
3209577868589347840*	83.83758	-4.76059	2.4736	0.0781	1.790	0.064	-0.828	0.055	16.439	3.141			0	0	0			76	10
3209577868589348992	83.83588	-4.76737	2.4381	0.1087	0.485	0.080	-0.217	0.068	16.833	3.024			0	0	0			38	37
3209577902949083264	83.84551	-4.75512	2.4186	0.1448	2.190	0.120	0.214	0.100	17.825	3.123			0	0	0			15	30
3209577933013419904	83.86999	-4.75826	2.1421	0.3364	1.197	0.318	-0.922	0.251	19.348	2.180			0	0	0			97	12
3209577937305713792	83.87343	-4.75300	1.9144	0.2132	2.553	0.176	-15.512	0.148	18.722	2.647			0	0	0			0	0
3209577937308816896	83.86609	-4.75094	2.5087	0.0136	1.768	0.012	-0.752	0.011	13.164	1.526	29.24	1.37	1	1	0	1.0		78	13
3209578040384913536	83.86755	-4.73110	2.1169	0.3405	1.216	0.294	-0.434	0.240	19.129	3.006			0	0	0			87	39

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
320957807474777408	83.82795	-4.74895	2.4436	0.1451	1.262	0.119	-0.509	0.098	17.929	3.289			0	0	0			91	33
320957807474777792	83.82441	-4.74793	2.5136	0.0183	1.255	0.015	-0.605	0.012	13.904	1.746			1	1	0	1.0		96	27
3209578109107510400	83.84005	-4.73674	2.7282	0.1372	0.903	0.115	-0.692	0.096	17.860	3.827			0	0	0			85	21
3209578109107513856	83.82865	-4.74107	2.4531	0.1117	1.461	0.090	-1.105	0.072	16.704	3.261			1	1	0	1.0		88	6
3209578143467255680*	83.81304	-4.74526	2.4558	0.0505	1.311	0.049	0.812	0.040	10.785	1.234	35.77	7.88	0	0	0			7	89
3209578173530529024	83.82244	-4.73553	2.4252	0.9427	1.643	0.827	-0.089	0.706	20.371	1.601			0	0	0			52	53
3209578177827165184	83.82994	-4.73033	2.5201	0.0630	-0.272	0.056	0.569	0.047	16.295	2.559			0	0	0			1	13
3209578177827165568	83.82857	-4.73615	2.4095	0.0859	0.897	0.072	-0.676	0.059	16.595	3.167			0	1	0	1.0		85	22
3209578207889587328	83.84090	-4.73060	2.8988	0.1233	5.413	0.101	-3.023	0.085	17.753	2.443			0	0	0			0	0
3209578276609745280	83.83521	-4.72588	2.9255	0.8971	-0.396	0.749	0.670	0.604	20.252	2.295			0	0	0			0	8
3209578276615162112*	83.84715	-4.72385	2.5633	0.0260	1.180	0.021	-1.066	0.017	12.562	1.515			0	1	0	1.0		92	7
3209578280906199168	83.84484	-4.72389	2.4368	0.0828	1.385	0.067	-0.977	0.053	16.392	2.562			1	1	0	1.0		95	9
3209578315265936128	83.84683	-4.71750	2.5765	0.0218	0.969	0.019	1.114	0.017	14.224	2.145			0	0	1	1.0		2	68
3209578345330280448	83.88754	-4.73306	2.5109	0.0157	1.815	0.013	0.610	0.012	13.539	1.675	25.36	16.09	0	0	0			10	63
3209578555780913024	83.90799	-4.70268	2.4164	0.1983	9.873	0.173	2.681	0.142	18.504	2.396			0	0	0			0	0
3209578590143827456	83.91219	-4.69271	2.5343	0.1140	1.869	0.092	-0.568	0.076	17.413	3.068			0	0	0			66	18
3209578830662000384	83.88213	-4.68548	2.4156	0.0826	1.830	0.074	0.412	0.060	16.669	2.744			0	0	0			16	62
3209578865021733760	83.89364	-4.67244	2.5963	0.0379	1.105	0.032	-0.261	0.027	15.539	2.598			1	1	0	1.0		72	53
3209578899381500928*	83.80192	-4.74054	2.3909	0.2772	1.851	0.246	-1.746	0.197	13.804	2.246			0	0	0			29	0
3209578998165308032	83.79431	-4.71372	1.9900	0.4002	-0.481	0.393	2.948	0.291	19.496	2.651			0	0	0			0	0
3209579002460710144	83.80711	-4.71633	2.5283	0.0209	0.824	0.019	-0.915	0.016	14.538	2.035			1	1	0	1.0		80	11
3209579002460711168	83.80430	-4.71827	2.5966	0.0466	0.727	0.040	1.046	0.032	16.055	2.515			0	0	1	1.0		2	63
3209579032523358720	83.83068	-4.71601	2.9445	0.1672	-3.150	0.146	-10.974	0.116	18.318	2.240			0	0	0			0	0
3209579036817344768	83.82309	-4.71048	3.3089	1.6012	2.262	1.216	-1.267	0.972	20.739	2.220			0	0	0			30	1
3209579071180411648	83.84307	-4.70213	2.4696	0.0205	1.447	0.019	-0.451	0.016	14.167	2.007			0	0	0			86	35
3209579105540844160	83.81301	-4.71305	2.1435	0.3179	5.412	0.276	-10.280	0.225	19.169	2.928			0	0	0			0	0
3209579208619140480	83.78905	-4.70066	2.6734	0.0710	1.246	0.064	0.982	0.052	16.764	2.836			0	0	1	1.0		4	80
3209579311698352128	83.80500	-4.69848	2.4768	0.0497	0.505	0.047	-0.532	0.037	16.169	2.764			1	1	0	1.0		51	21
3209579341762702464	83.82173	-4.68711	2.6065	0.0165	1.175	0.016	0.038	0.013	12.965	1.578			0	1	0	1.0		49	78

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209579380417829376*	83.79180	-4.68803	2.0264	0.1844	1.265	0.170	0.204	0.126	15.351	2.612			0	0	0			36	89
3209579444841918976	83.84298	-4.69262	2.3950	0.1638	1.439	0.148	-0.492	0.130	18.296	2.408			0	0	0			88	32
3209579449137299072	83.84113	-4.69298	2.6071	0.1225	1.877	0.114	-0.471	0.094	17.570	2.906			0	0	0			62	21
3209579483497032960	83.85651	-4.68584	2.5631	0.0958	1.452	0.084	0.049	0.070	17.130	3.613			0	0	0			47	72
3209579517856776832	83.83416	-4.69290	2.5958	0.0610	1.926	0.054	-0.266	0.043	16.145	2.759			1	1	0	1.0		49	29
3209579547921134464	83.84788	-4.67246	3.4670	0.5976	3.158	0.531	-0.924	0.445	19.794	1.660			0	0	0			2	0
3209579724015206272*	83.81989	-4.67570	2.5876	0.0366	0.993	0.033	-0.176	0.028	13.297	1.988			0	0	0			62	59
3209579724015206528*	83.82685	-4.68219	2.7485	0.0520	1.338	0.048	-0.734	0.038	9.646	0.482			0	0	0			99	19
320957975837173184	83.83876	-4.66213	2.7553	0.1495	0.949	0.138	1.002	0.113	18.045	2.718			0	0	0			3	76
3209579827094418944*	83.82680	-4.66675	2.5435	0.1903	1.704	0.165	-1.679	0.134	17.274	3.020			0	0	0			38	0
3209580028956397696	84.03498	-4.75903	4.0261	0.9588	-10.247	0.739	-2.527	0.631	20.441	1.896			0	0	0			0	0
3209580097675154048	84.02980	-4.75490	2.5423	2.2177	7.251	1.518	-5.007	1.053	20.873	1.406			0	0	0			0	0
3209580101969074176*	84.01508	-4.75160	2.5216	0.0415	0.472	0.037	-0.613	0.026	13.731	0			0	0	0			50	17
3209580101972304256	84.01487	-4.75212	2.5617	0.0197	0.219	0.017	-1.009	0.014	9.911	0.323			0	0	0			31	3
3209580308130729984*	84.01822	-4.74428	2.3021	0.0288	-0.239	0.025	-3.437	0.020	12.196	1.458	1.43	5.18	0	0	0			0	0
3209580376850206848	84.00085	-4.72946	2.4879	0.0462	-0.086	0.038	-0.459	0.029	15.883	2.492			0	0	0			13	8
3209580613071284480	84.05671	-4.72578	2.4414	0.3320	-0.513	0.309	0.309	0.225	19.127	3.564			0	0	0			1	5
3209580651729016192	84.06246	-4.71745	1.7878	0.0900	1.246	0.077	-16.720	0.058	17.214	2.551			0	0	0			0	0
3209580750511968256	84.08141	-4.70794	2.1592	1.3626	24.686	1.131	-16.976	0.858	20.614	2.422			0	0	0			0	0
3209580784871720192	84.08955	-4.69627	2.2189	1.5641	8.614	1.204	10.341	0.897	20.721	1.935			0	0	0			0	0
3209580853590125312	84.06136	-4.70536	2.6248	0.1605	0.393	0.140	0.780	0.104	18.147	3.183			0	0	0			3	52
3209581167124196736	83.96773	-4.71803	2.5122	0.0196	1.185	0.016	1.271	0.013	14.035	1.725			0	0	1	1.0		1	57
3209581167124200960	83.96202	-4.72310	2.5162	0.1240	1.498	0.091	-0.446	0.078	17.508	3.412			0	0	0			84	34
3209581201480692864	83.97840	-4.71188	1.6829	1.3263	1.912	0.969	0.378	0.714	20.258	1.446			0	0	0			16	54
3209581235843659392*	84.00362	-4.71635	2.6283	0.1186	0.522	0.108	-0.185	0.079	16.670	2.996			0	0	0			38	40
3209581235843660416	83.99904	-4.71667	2.4208	0.0847	1.356	0.074	5.064	0.055	17.108	2.322			0	0	0			0	0
3209581403345336576	83.97032	-4.70673	1.7489	0.1432	0.467	0.111	1.924	0.085	17.792	2.472			0	0	0			0	8
3209581476361838592	83.95980	-4.70228	2.5370	0.0585	1.213	0.049	-0.622	0.037	16.422	3.233			0	1	0	1.0		96	26
3209581579441040256	83.97706	-4.68670	2.5346	0.0530	1.262	0.042	1.033	0.034	16.256	2.810			0	0	0			3	76

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ление}}^2$, %
3209581613800774144	83.97938	-4.67441	2.6442	0.1038	1.561	0.082	-0.319	0.065	17.410	3.273			0	0	0			73	41
3209581648157181312*	84.02679	-4.69829	2.3640	0.3958	1.865	0.310	-1.371	0.234	14.843	2.749			0	0	0			51	1
3209581682520242176	84.03603	-4.68948	2.7595	0.0762	13.475	0.064	-57.520	0.049	16.901	2.016			0	0	0			0	0
3209581682520242560	84.03369	-4.68908	2.5723	0.0240	0.944	0.021	0.342	0.016	14.535	1.873			0	0	1	1.0		24	92
3209581888679585408	84.05546	-4.65848	2.0416	0.8967	2.504	0.612	-2.022	0.467	20.243	2.427			0	0	0			4	0
3209581953101216768	84.01335	-4.66953	2.2228	0.2691	-1.633	0.219	1.460	0.158	18.806	3.228			0	0	0			0	0
3209581991757890688	83.98864	-4.66042	2.3700	0.3900	12.680	0.310	-31.043	0.239	19.403	2.753			0	0	0			0	0
3209582227981814144	84.12805	-4.68635	3.4087	1.6663	10.103	2.306	-2.525	1.282	20.814	1.101			0	0	0			0	0
3209582472794213504	84.08894	-4.68323	1.8146	0.0253	-8.877	0.023	-5.608	0.017	14.908	2.308			0	0	0			0	0
3209582541513687680	84.08067	-4.66234	2.6027	0.1231	1.232	0.094	1.112	0.072	17.514	3.186			0	0	0			2	70
3209582541513688320	84.07653	-4.66277	1.8139	0.0773	51.859	0.065	-18.636	0.048	16.885	2.408			0	0	0			0	0
3209583434863456128	84.08587	-4.64208	2.1157	0.5922	-9.076	0.476	-4.734	0.366	19.883	2.615			0	0	0			0	0
3209583469223157760	84.09797	-4.62353	4.0318	2.5105	15.797	1.712	-11.226	1.349	20.808	2.263			0	0	0			0	0
3209583537946089984	84.08929	-4.61901	2.9971	0.2052	0.434	0.165	-0.909	0.121	18.302	3.408			0	0	0			48	7
3209583572302443136*	84.05597	-4.63982	4.6265	0.7943	0.811	0.668	-2.255	0.480	19.273	2.726			0	0	0			9	0
3209583739806514304*	84.07687	-4.61609	4.3469	0.6178	3.511	0.523	2.825	0.365	19.099	2.572			0	0	0			0	0
3209584500018812672	83.93404	-4.67253	2.3797	0.2469	1.324	0.188	0.523	0.158	18.483	3.335			0	0	0			17	97
3209584500018812928	83.93832	-4.67728	2.6151	0.1424	0.891	0.115	-0.991	0.091	17.659	3.408			0	0	0			83	9
3209584534378541952	83.96110	-4.67696	2.4146	0.1364	1.415	0.120	-0.357	0.090	17.730	3.351			0	0	0			80	42
3209584671817510912	83.91457	-4.67206	2.6131	0.0378	1.875	0.031	0.469	0.026	15.626	2.488			0	0	0			13	59
3209584671817511040*	83.91570	-4.67343	2.4014	0.0359	1.501	0.029	-0.550	0.024	14.804	2.562			0	0	0			89	27
3209584809256448512	83.93981	-4.65710	3.5063	0.1393	0.236	0.116	-0.478	0.090	17.966	2.705			0	0	0			30	15
3209584839320845568	83.94327	-4.65115	2.0979	1.6040	0.350	1.200	-0.324	0.904	20.627	2.579			0	0	0			33	25
3209584981055126528	83.98964	-4.65253	2.5013	0.0231	1.384	0.019	1.023	0.015	14.208	1.866			0	0	0			3	73
3209585148556923136	83.98955	-4.63848	2.7883	0.2561	0.822	0.202	-1.265	0.156	18.758	3.375			0	0	0			65	3
3209585359012242688	83.97892	-4.61603	2.1920	0.1366	1.889	0.097	0.300	0.076	17.675	2.686			0	0	0			20	55
3209585393371978624*	83.98488	-4.60836	3.4613	0.0306	3.318	0.024	18.145	0.020	11.215	0.784	55.36	0.57	0	0	0			0	0
3209585393371979392	83.98519	-4.61407	2.6791	0.0670	0.172	0.054	1.550	0.045	16.664	2.905			0	0	0			0	13
3209585560872622720	83.88342	-4.64285	2.8384	0.1266	1.230	0.108	1.114	0.087	17.796	2.901			0	0	0			2	70

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^2$, %
3209585565170712704	83.87758	-4.65002	2.5076	0.0599	0.645	0.050	1.096	0.043	16.217	3.010			0	0	0			1	55
3209585599530439168	83.89397	-4.63494	2.6234	0.0945	1.252	0.088	-0.239	0.072	17.365	3.104			0	0	0			72	55
3209585599530441600	83.89028	-4.63630	2.5763	0.1035	1.453	0.091	0.094	0.074	17.404	4.110			0	0	0			43	75
3209585633890383872	83.91039	-4.64229	2.5564	0.0653	1.320	0.059	0.564	0.048	16.733	2.835			0	0	1	1.0		15	97
3209585698312753152	83.90705	-4.62575	2.8048	1.0441	6.442	0.864	-19.382	0.674	20.511	2.288			0	0	0			0	0
3209585732675063424	83.91857	-4.61980	3.2391	2.4752	2.479	1.968	-0.616	1.642	20.876	2.015			0	0	0			22	4
3209585771325940864	83.87246	-4.63906	2.7590	0.1328	0.861	0.110	-0.321	0.092	16.452	3.474			0	0	0			66	44
3209585771329141120	83.87278	-4.63900	2.5358	0.1301	0.883	0.099	-0.282	0.095	17.208	0			0	0	0			65	48
3209586114926495488	83.92750	-4.60804	4.1571	0.0212	-5.690	0.018	-54.440	0.015	11.677	0.816	39.84	0.84	0	0	0			0	0
3209586144989360512	83.93685	-4.60698	4.0453	1.5879	-1.618	1.470	5.834	1.057	20.699	1.675			0	0	0			0	0
3209586149286232448	83.93525	-4.61027	2.9979	0.1193	-3.372	0.103	-0.649	0.080	17.694	2.981			0	0	0			0	0
3209586355444660992	83.91898	-4.58859	2.5300	0.0349	1.421	0.031	0.125	0.025	15.561	2.561			0	0	1	1.0		41	79
3209586355444661504	83.91977	-4.59175	2.4942	0.0837	1.095	0.074	-0.488	0.059	17.026	2.995			0	0	0			87	35
3209586522946964736	83.93467	-4.57485	3.0618	0.4243	0.788	0.366	-1.021	0.286	19.624	2.873			0	0	0			74	8
3209586527243350400	83.92055	-4.57735	2.4835	0.0538	1.597	0.051	-0.047	0.043	16.540	2.626			0	0	0			51	59
3209586595962815872	84.02490	-4.61700	1.7176	0.0388	3.449	0.029	-2.570	0.023	15.479	2.083			0	0	0			0	0
3209586767761497728	84.06016	-4.59680	2.5318	0.0243	0.625	0.020	-0.163	0.016	14.447	1.860			0	0	0			43	47
3209586797823251200	84.03907	-4.59192	1.6914	1.0961	-0.110	0.874	1.572	0.628	20.509	1.205			0	0	0			0	6
3209586905200458752	84.01569	-4.59661	1.8823	0.4254	-3.667	0.335	-11.577	0.264	19.504	2.663			0	0	0			0	0
3209587072704882048	84.00734	-4.57141	2.5755	0.0185	1.106	0.016	1.908	0.013	13.876	1.787			0	0	0			0	14
3209587420596523392	84.04569	-4.56432	2.5731	0.0814	1.179	0.062	-1.154	0.049	16.810	2.897			0	0	0			87	5
3209587695471058304*	83.98075	-4.57864	4.2984	0.6652	1.593	0.551	3.462	0.397	19.325	2.370			0	0	0			0	0
3209588069135192576	83.95754	-4.55230	2.2105	0.5671	4.014	0.500	3.108	0.373	19.952	2.451			0	0	0			0	0
3209588073431562496	83.96252	-4.54391	2.2290	0.0458	-0.684	0.041	-1.796	0.031	16.049	1.947			0	0	0			0	0
3209588137855738368	83.98499	-4.53529	2.8536	2.9546	-1.157	2.156	-1.445	1.497	20.838	1.660			0	0	0			0	0
3209588142151032704	83.98854	-4.53440	2.2543	0.0199	11.947	0.017	-17.527	0.014	13.825	1.583			0	0	0			0	0
3209588515812860544	84.00942	-4.53011	4.8029	1.2360	-4.981	0.860	-15.851	0.693	20.629	1.769			0	0	0			0	0
3209591715564025984	83.48668	-4.93587	2.5762	0.0318	24.536	0.029	-18.600	0.025	15.597	1.835			0	0	0			0	0
3209598239618760448	83.54204	-4.87144	2.0763	2.0226	4.060	2.080	0.252	1.568	20.915	2.629			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ленин}} 1, \%$	$P_{\mu\text{скоп-ленин}} 2, \%$
3209598346993491840	83.54747	-4.85636	2.5756	0.0250	1.398	0.022	-0.354	0.019	15.028	2.008			1	1	0	1.0		80	43
3209598381353371008	83.55785	-4.85148	2.7804	0.2706	24.764	0.228	-19.830	0.209	19.259	2.627			0	0	0			0	0
3209598415712981760	83.51959	-4.85864	2.6368	0.1823	2.090	0.157	0.321	0.136	18.574	3.645			0	0	0			14	39
3209598518792192000	83.51965	-4.84713	2.4527	0.0784	0.996	0.068	-0.411	0.058	17.297	3.381			0	0	0			79	40
3209598548853143680	83.54366	-4.84309	2.6336	0.0119	0.823	0.011	0.497	0.010	12.645	1.314	23.62	12.34	0	0	0			15	89
3209598553151919872	83.54363	-4.84095	2.5947	0.0518	0.731	0.045	0.620	0.039	16.510	2.892			0	0	0			9	82
3209598587511656576*	83.55090	-4.83533	2.2292	0.1099	0.325	0.091	-0.400	0.083	17.392	1.681			0	0	0			34	21
3209598587511657216	83.55263	-4.84019	2.5569	0.0116	1.315	0.011	-0.291	0.009	12.505	1.440	31.76	4.73	1	1	0	1.0		77	50
3209598656231133824	83.54369	-4.83161	2.6620	0.0587	1.257	0.053	-0.629	0.044	16.808	3.147			0	1	0	1.0		97	26
3209598858093952768	83.48196	-4.85834	2.6922	0.5786	19.485	0.480	-14.186	0.431	20.082	2.899			0	0	0			0	0
3209599721380315264	83.48253	-4.79705	2.6851	0.0696	0.929	0.057	0.408	0.055	17.148	2.622			0	0	0			0	0
3209599721383025792	83.48251	-4.79727	2.5910	0.0911	1.345	0.084	0.322	0.067	16.906	2.775			0	0	0			20	93
3209599790102495360*	83.58859	-4.84240	3.4359	0.3642	1.202	0.315	2.769	0.257	17.663	3.194			0	0	0			0	0
3209599858820339584	83.57228	-4.84033	3.0101	1.4952	2.577	1.516	2.438	1.427	20.807	1.419			0	0	0			0	0
3209599996260920704	83.59918	-4.82132	2.7016	0.0616	1.085	0.054	-0.643	0.044	16.811	3.058			0	0	0			94	25
3209600064980402432*	83.56813	-4.82419	2.7301	0.0839	1.943	0.073	0.270	0.061	16.581	3.446			0	0	0			20	50
3209600198122810624	83.58901	-4.81292	3.2513	1.4656	0.955	1.477	0.723	1.280	20.821	2.234			0	0	0			8	92
3209600232482554752	83.60304	-4.79869	4.4678	0.3401	-11.139	0.288	3.795	0.241	19.460	2.606			0	0	0			0	0
3209600266840417536	83.57887	-4.79700	3.0953	0.1970	-15.296	0.165	2.357	0.151	18.840	2.631			0	0	0			0	0
3209600266844728960	83.57107	-4.80101	2.5290	0.1526	2.192	0.136	0.328	0.122	18.296	3.308			0	0	0			12	32
3209600335562802944	83.62272	-4.81002	2.4153	1.7989	8.970	1.786	0.504	1.707	20.855	1.662			0	0	0			0	0
3209600477297245696	83.65320	-4.79188	2.5428	0.0879	1.247	0.079	-0.389	0.062	17.316	3.781			0	0	0			84	43
3209600614736206592	83.60040	-4.78658	2.7185	0.0114	1.156	0.010	0.136	0.009	12.485	1.177	22.76	3.57	0	0	0			41	86
3209600683455682560	83.60105	-4.78210	2.4257	0.0622	-0.670	0.054	-0.127	0.046	16.409	3.139			0	0	0			1	2
3209600713517054592	83.60621	-4.76250	3.7972	0.2430	10.505	0.211	-0.343	0.179	18.813	3.052			0	0	0			0	0
3209600713518144256	83.59969	-4.76827	2.6240	0.1293	5.897	0.114	-55.918	0.092	18.086	2.546			0	0	0			0	0
3209600786532025088	83.63893	-4.75540	1.7566	0.6683	3.296	0.680	-1.607	0.570	20.282	0			0	0	0			0	0
3209600850957849728	83.63146	-4.75227	3.2249	0.7136	1.171	0.569	-0.211	0.497	20.230	2.697			0	0	0			69	58
3209600855254363520	83.62313	-4.75075	2.5854	0.0411	0.444	0.038	0.006	0.032	15.820	2.002			0	0	0			26	46

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartiq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209600855254365056	83.62764	-4.76059	2.6509	0.1076	0.296	0.097	0.341	0.075	17.564	3.379			0	0	0			10	46
3209600885317579136	83.53464	-4.80785	3.0488	0.4813	0.880	0.416	0.338	0.385	19.954	3.103			0	0	0			23	89
3209600889614124928	83.54048	-4.81287	2.7481	0.0472	0.472	0.043	1.338	0.036	16.441	2.847			0	0	0			0	32
3209600919678382208	83.55227	-4.79994	1.9631	0.8665	2.676	0.694	-0.731	0.676	20.405	2.122			0	0	0			14	2
3209600954036243840	83.53112	-4.79912	1.8787	0.3294	6.352	0.277	-20.845	0.251	19.585	2.808			0	0	0			0	0
3209601061412808448	83.56728	-4.78431	2.7555	0.0999	1.508	0.087	-0.305	0.075	17.672	3.283			0	0	0			74	44
3209601091475234560	83.55229	-4.78325	2.4636	0.8226	6.558	0.682	-19.110	0.614	20.373	2.367			0	0	0			0	0
3209601091476052096	83.54873	-4.78114	4.7674	2.6135	3.124	2.326	3.544	2.034	20.899	1.258			0	0	0			0	0
3209601164492178688*	83.51906	-4.78184	2.4860	0.2811	1.078	0.277	5.091	0.223	17.625	2.232			0	0	0			0	0
3209601263272861824	83.51775	-4.76806	3.1498	0.0741	3.848	0.066	-4.141	0.057	17.268	2.518			0	0	0			0	0
3209601301930981120	83.53587	-4.77592	2.9954	0.0134	-4.174	0.012	-0.376	0.010	12.853	0.922			0	0	0			0	0
3209601331994087680	83.55252	-4.76080	2.8141	0.3954	7.111	0.359	-15.355	0.303	19.755	2.672			0	0	0			0	0
3209601370650456576*	83.52644	-4.76118	2.7119	0.5815	-11.123	0.527	-23.052	0.416	16.385	2.281			0	0	0			0	0
3209601576808874880	83.60495	-4.75304	2.6337	0.0300	0.498	0.028	-0.730	0.022	15.231	2.686			1	1	0	1.0		54	13
3209601851686778880	83.58814	-4.72881	1.8618	0.0138	0.879	0.013	-7.693	0.011	13.517	1.692			0	0	0			0	0
3209601886046511872	83.59504	-4.71480	3.2981	0.0124	2.397	0.012	-4.949	0.010	12.313	0.866	39.00	1.15	0	0	0			0	0
3209602672023175552	83.47690	-4.79286	3.2249	0.5307	4.227	0.449	0.082	0.424	20.088	2.758			0	0	0			0	0
3209602710677530240	83.49069	-4.78270	3.6040	0.8724	21.251	0.671	6.695	0.659	20.552	1.962			0	0	0			0	0
3209604183852371840*	83.49090	-4.77223	2.0312	2.0837	-0.541	2.033	10.590	1.488	20.838	2.519			0	0	0			0	0
3209604222508743424	83.50808	-4.76368	2.5669	0.0378	1.275	0.035	0.523	0.030	15.766	2.898			0	0	0			17	98
3209604390008665216	83.50740	-4.74508	2.6173	0.0202	0.922	0.019	0.508	0.016	11.491	1.042	24.62	10.32	0	0	0			15	94
3209604394307433600	83.50847	-4.74822	2.5761	0.0515	0.548	0.047	0.535	0.041	16.299	2.912			0	0	0			9	69
3209604561809496448	83.47796	-4.73620	2.5812	0.6126	-2.185	0.507	0.957	0.464	20.203	2.579			0	0	0			0	0
3209604703545075200	83.49778	-4.71790	2.5726	0.0204	0.436	0.019	1.684	0.017	14.726	2.001			0	0	0			0	15
3209604737904811648*	83.53404	-4.73263	1.9490	0.1095	-4.777	0.097	-3.927	0.076	15.888	2.159			0	0	0			0	0
3209604737904812160	83.53997	-4.74078	2.9471	0.0132	-4.087	0.012	-0.351	0.010	13.569	1.097			0	0	0			0	0
3209605249004276352	83.54480	-4.67482	1.9578	0.6111	-1.072	0.510	1.874	0.465	20.275	2.038			0	0	0			0	0
3209606009215121024	83.52094	-4.66760	2.5152	0.0629	1.591	0.060	0.165	0.049	16.901	2.973			0	1	0	1.0		35	72
3209624318657350912	83.64043	-4.73753	2.5821	0.0665	1.679	0.061	0.345	0.049	17.027	3.027			0	0	0			22	73

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-ленин}}^2$, %
3209624460394602240*	83.66925	-4.72543	2.8354	0.1800	0.890	0.164	1.496	0.129	16.592	3.034			0	0	0			0	36
3209624529114069888	83.71278	-4.72818	2.5261	0.0127	1.766	0.011	-0.718	0.010	13.156	1.625			1	1	0	1.0		78	14
3209624563473805824	83.72156	-4.71947	2.4949	0.1229	2.281	0.104	0.393	0.094	17.811	3.627			0	0	0			8	27
3209624563473806720	83.72393	-4.72802	2.6076	0.0814	-4.697	0.071	-6.389	0.063	17.147	2.319			0	0	0			0	0
3209624696615678336	83.75434	-4.70667	2.2839	0.8958	-0.160	0.695	-9.440	0.576	20.376	2.062			0	0	0			0	0
3209624700912748288	83.75228	-4.70771	4.0960	1.3316	19.194	1.011	27.950	0.891	20.650	2.008			0	0	0			0	0
3209624872711453696	83.68561	-4.70405	2.7929	0.0127	1.061	0.011	-1.195	0.010	13.296	1.373			0	0	0			81	5
3209624872711454976	83.67787	-4.70408	2.5166	0.0217	-0.588	0.019	9.678	0.016	14.511	2.608			0	0	0			0	0
3209624907068217984	83.68805	-4.69859	2.6085	1.1231	3.278	1.000	1.901	0.868	20.578	2.449			0	0	0			0	0
3209625044510130304*	83.71755	-4.66994	2.4449	0.0213	1.145	0.020	-1.494	0.016	13.601	1.782	19.40	9.63	0	0	0			60	1
3209625113229641344	83.63946	-4.72592	2.3138	0.0379	-2.746	0.035	-23.632	0.028	15.890	2.484			0	0	0			0	0
3209625181949115648	83.62997	-4.71272	2.8191	0.1117	40.527	0.100	-23.206	0.082	17.808	2.491			0	0	0			0	0
3209625216308848512	83.64536	-4.71209	2.5528	0.0298	1.357	0.027	-0.715	0.021	15.397	2.238			0	1	0	1.0		98	20
3209625250668583424	83.65780	-4.71069	2.5337	0.0763	0.881	0.067	-0.329	0.052	17.109	3.498			0	0	0			68	44
3209625452530528256	83.61521	-4.69750	3.3935	0.5605	3.518	0.502	-14.330	0.440	20.002	2.676			0	0	0			0	0
3209625525546487168	83.64359	-4.68630	2.5132	0.0167	0.970	0.016	-0.278	0.012	14.115	1.629			1	1	0	1.0		69	50
3209625589967793024	83.62119	-4.67456	2.7582	0.3811	9.348	0.332	-16.690	0.272	19.470	2.365			0	0	0			0	0
3209625731704909952	83.67031	-4.67230	2.5074	0.0170	0.673	0.015	-0.422	0.012	14.070	1.855			0	1	0	1.0		60	32
3209625834784119168	83.68325	-4.66069	2.5936	0.0790	1.121	0.070	-0.163	0.057	17.272	3.379			0	0	0			65	62
3209625937863339264	83.66166	-4.66028	2.8375	0.0957	0.341	0.090	1.529	0.075	17.668	3.125			0	0	0			0	18
3209626040942550272	83.67263	-4.65384	2.5828	0.0486	1.295	0.043	0.623	0.035	16.206	2.686			0	0	0			13	97
3209626139725101568	83.66809	-4.64164	3.0966	0.4868	1.342	0.401	-1.353	0.347	19.906	2.871			0	0	0			73	2
3209626208445835648	83.76372	-4.68664	1.9271	1.3456	11.691	1.378	-9.127	1.084	20.730	1.452			0	0	0			0	0
3209626208445835776	83.77368	-4.68066	4.5078	3.1301	1.542	2.744	-11.125	2.910	20.958	1.478			0	0	0			0	0
3209626345883192320	83.79559	-4.66602	2.5279	0.1026	0.888	0.085	-0.174	0.072	17.340	2.822			0	0	0			58	57
3209626380243467776	83.77502	-4.66576	1.7691	0.6024	-2.072	0.503	-2.839	0.422	20.033	2.056			0	0	0			0	0
3209626414601551488	83.78740	-4.65795	2.6424	0.1097	2.079	0.096	0.005	0.083	17.550	3.083			0	0	0			27	32
3209626414602688896	83.78300	-4.65216	4.1236	0.0153	10.089	0.014	-5.163	0.012	12.013	0.915			0	0	0			0	0
3209626453256345472	83.73660	-4.67423	2.5260	0.2843	2.240	0.247	-2.194	0.219	18.904	2.534			0	0	0			5	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209626517680737024	83.72704	-4.66780	3.5024	0.1069	-15.049	0.095	-46.671	0.081	17.765	2.887			0	0	0			0	0
3209626659414726528	83.74970	-4.64775	2.5038	0.1604	2.047	0.139	-0.888	0.121	18.089	3.147			0	0	0			54	6
3209626659417822976*	83.75040	-4.64811	3.2307	0.1302	1.883	0.115	-0.610	0.094	15.289	2.651			0	0	0			66	16
3209626934295716480	83.81941	-4.63493	2.4345	0.0676	1.253	0.059	1.202	0.046	16.800	3.174			0	0	0			1	62
3209626968655449088	83.83119	-4.61726	3.0610	0.0155	12.644	0.014	-40.663	0.011	13.736	1.140			0	0	0			0	0
3209627037374936448	83.79272	-4.63616	4.0262	0.1710	2.966	0.148	34.643	0.116	18.308	2.712			0	0	0			0	0
3209627037375167616	83.78650	-4.63244	3.3215	0.2653	7.857	0.223	13.369	0.188	19.005	2.633			0	0	0			0	0
3209627101797490432	83.78419	-4.61918	2.8543	0.2207	1.964	0.193	-0.593	0.158	18.775	3.262			0	0	0			59	14
3209627106094410624	83.78259	-4.61751	2.5861	0.1205	0.883	0.108	0.985	0.092	17.712	3.132			0	0	0			3	75
3209627106094411520*	83.78059	-4.62073	4.9507	0.8033	0.680	0.642	-1.233	0.595	19.164	3.078			0	0	0			58	3
3209627106094412416	83.77588	-4.61872	3.0301	0.0119	2.247	0.011	27.604	0.009	12.299	0.786	54.14	1.59	0	0	0			0	0
3209627243533356288*	83.80512	-4.59472	3.1765	0.0548	0.598	0.050	-0.438	0.038	8.973	-0.033			0	0	0			55	29
3209627243533357440	83.80702	-4.60027	3.3557	0.0254	-7.102	0.022	-12.114	0.018	14.891	1.685			0	0	0			0	0
3209627312252856192	83.73088	-4.65102	2.7922	0.2055	33.362	0.176	18.289	0.153	18.769	2.245			0	0	0			0	0
3209627415332067968	83.73352	-4.63668	2.5716	0.0405	1.032	0.038	0.189	0.030	16.027	2.657			1	1	0	1.0		35	88
3209627484051543424	83.73186	-4.63032	2.5489	0.0340	0.728	0.030	-0.896	0.025	15.675	2.296			0	1	0	1.0		73	11
3209627484052465792	83.72791	-4.62495	2.8206	0.3656	2.765	0.304	0.293	0.265	19.421	2.946			0	0	0			3	7
3209627518411278592	83.74222	-4.62188	2.4857	0.0332	1.742	0.029	-0.024	0.025	15.567	2.869			0	0	0			44	52
3209627587130761856	83.71364	-4.63097	2.1930	0.0810	10.264	0.072	-15.279	0.059	16.715	2.299			0	0	0			0	0
3209627587130761984	83.71421	-4.63125	2.0785	0.0191	6.856	0.017	-17.533	0.014	14.309	2.450			0	0	0			0	0
3209627587130763008	83.70937	-4.63101	1.7432	0.0816	0.513	0.070	-10.179	0.058	17.167	2.401			0	0	0			0	0
3209627617192401792	83.68564	-4.62675	2.7982	0.1799	16.086	0.157	-5.195	0.133	18.684	2.513			0	0	0			0	0
3209627690209973248	83.72117	-4.61766	2.5554	0.0998	1.118	0.084	0.769	0.070	17.564	3.322			0	0	0			8	94
3209627758929451136	83.70685	-4.61153	2.6043	0.0846	1.290	0.073	0.475	0.060	17.304	3.151			0	0	0			19	97
3209627862006748416	83.77175	-4.61099	2.0295	0.8014	3.716	0.580	1.696	0.507	20.340	1.691			0	0	0			0	0
3209627892070318720	83.75224	-4.61242	2.4444	0.0849	0.222	0.074	-0.836	0.061	17.291	3.447			0	0	0			32	6
3209627892071958656	83.74482	-4.61293	2.0158	0.3167	3.762	0.253	-45.495	0.226	19.314	2.861			0	0	0			0	0
3209627965087866880	83.78301	-4.59700	2.6245	0.0538	0.925	0.048	0.740	0.039	16.487	2.786			0	0	0			8	90
3209628029509289984	83.77708	-4.59343	2.7502	0.1881	11.184	0.164	7.096	0.139	18.542	2.692			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-ление}} 1, \%$	$P_{\mu\text{скоп-ление}} 2, \%$
3209628068163893888	83.78282	-4.58156	1.9877	0.4682	0.696	0.375	-5.283	0.320	19.757	0			0	0	0			0	0
3209628068167078656	83.78266	-4.58116	2.5907	0.0674	0.810	0.058	0.383	0.048	16.713	3.117			0	0	1	1.0	1.0	19	87
3209628136886561152	83.74933	-4.58469	2.6019	0.0824	1.154	0.075	0.924	0.062	17.198	3.131			0	0	0			5	85
3209628136886564864	83.74945	-4.59819	2.6511	0.1697	0.385	0.150	0.501	0.127	18.239	3.390			0	0	0			8	55
3209628411764704384	83.59579	-4.69426	2.5117	0.0213	1.411	0.020	-0.235	0.016	14.651	2.109			1	1	0	1.0		71	52
3209628789721640320	83.58361	-4.65980	2.4988	0.2844	1.885	0.250	0.039	0.214	19.215	3.437			0	0	0			34	46
3209629064599526784	83.65481	-4.63988	2.6408	0.0906	0.791	0.079	0.236	0.063	17.439	3.322			0	0	0			26	80
3209629197744510720	83.60447	-4.63219	2.1150	0.8761	0.249	0.748	0.488	0.632	20.530	1.548			0	0	0			6	44
3209629442556644096	83.62768	-4.59798	2.5585	0.0353	0.489	0.032	-0.553	0.026	15.627	2.516			1	1	0	1.0		50	20
3209606073635844224	83.52890	-4.65841	2.5339	0.0166	0.035	0.015	-0.141	0.013	12.931	1.451	31.93	6.39	0	0	0			13	18
3209629610056625920	83.55521	-4.64160	3.6618	0.0142	28.872	0.013	-40.572	0.011	12.657	0.973	-20.87	0.74	0	0	0			0	0
3209630232830634496	83.59613	-4.59914	1.8107	0.0275	6.828	0.025	3.645	0.020	15.303	2.168			0	0	0			0	0
3209630267190363648	83.61216	-4.58130	1.7641	0.0645	-2.182	0.062	2.108	0.049	16.974	2.245			0	0	0			0	0
3209630297252017664	83.55931	-4.59634	2.5229	0.3383	1.464	0.278	-4.821	0.258	19.262	3.018			0	0	0			0	0
3209630301550116096	83.56822	-4.59898	1.6744	0.0522	0.737	0.048	1.660	0.039	16.372	2.350			0	0	0			0	23
3209630365970869376*	83.55147	-4.59581	3.6242	0.0392	-2.161	0.035	-6.533	0.030	11.882	0.846	18.86	0.76	0	0	0			0	0
3209630365974187776	83.55362	-4.59511	3.8354	0.2122	-1.291	0.185	-6.581	0.165	18.730	2.608			0	0	0			0	0
320963040033926400	83.56397	-4.58802	1.7736	1.1275	3.561	0.918	-8.151	0.769	20.467	2.037			0	0	0			0	0
3209630438989062528	83.58620	-4.58388	2.5289	0.0407	1.178	0.038	-0.055	0.031	16.028	2.747			1	1	0	1.0		56	71
3209630438989064960	83.57870	-4.58433	2.4392	1.0340	23.249	1.087	-9.789	0.955	20.499	2.290			0	0	0			0	0
3209630503410471552	83.57847	-4.57300	2.1266	0.1954	0.481	0.166	-0.377	0.141	18.610	3.574			0	0	0			44	28
3209630537770216960	83.58517	-4.56290	2.1248	0.3005	13.889	0.252	-24.515	0.234	19.205	2.816			0	0	0			0	0
3209630542068271744	83.58894	-4.56217	2.4015	0.0145	1.678	0.012	-11.104	0.010	12.854	1.952	-1.61	0.95	0	0	0			0	0
3209630542068272768	83.59058	-4.56674	2.5201	0.0981	0.481	0.081	0.135	0.069	17.359	3.497			0	0	0			22	54
3209630542068274432	83.58734	-4.56926	2.9127	0.0238	1.260	0.022	-0.449	0.018	14.311	1.884			0	0	0			88	38
3209630542068274688*	83.58466	-4.56764	1.6805	0.1921	0.127	0.163	-1.352	0.133	15.497	2.761			0	0	0			19	1
3209630606489651456	83.69041	-4.60949	3.5244	0.2042	8.681	0.176	15.932	0.152	18.611	2.624			0	0	0			0	0
3209630713866951936	83.68981	-4.60214	2.5425	0.0169	0.127	0.015	0.175	0.012	13.886	1.806			0	0	0			10	30
3209630748223569024	83.71149	-4.59041	4.3982	1.1656	3.403	0.942	-0.141	0.848	20.472	2.309			0	0	0			0	0

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tartica	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скоп- ление 1, %	P_{μ} скоп- ление 2, %
3209630748223569920	83.71175	-4.59138	2.1717	0.1071	0.230	0.095	-1.409	0.077	17.424	3.046			0	0	0			23	1
3209630748226684928*	83.71101	-4.59249	2.7429	0.0479	1.091	0.043	0.884	0.036	13.348	1.732			0	0	1	1.0		5	87
3209630812648114944	83.69032	-4.57838	3.5471	1.4788	-5.977	1.416	-59.934	1.203	20.727	-0.038			0	0	0			0	0
3209630954386045440	83.64708	-4.58378	2.5282	0.2467	1.115	0.223	-0.298	0.176	19.007	3.426			0	0	0			75	50
3209631332342463488	83.72688	-4.54902	3.4744	0.0136	13.477	0.012	-8.290	0.011	12.351	0.856	-0.20	1.77	0	0	0			0	0
3209631366700061056	83.73628	-4.53828	2.3991	0.7095	1.763	0.540	0.537	0.469	20.008	2.689			0	0	0			13	68
3209631602923275904	83.70285	-4.53833	2.5439	0.1883	1.066	0.169	-0.914	0.142	18.632	3.437			0	0	0			94	12
3209631744659111040	83.61950	-4.57768	2.8803	0.0289	1.019	0.027	-1.199	0.021	15.417	2.295			0	0	0			79	5
3209631809080533760	83.65300	-4.56713	2.6756	0.2973	9.616	0.272	23.757	0.215	19.308	2.643			0	0	0			0	0
3209631843441423232	83.65631	-4.55865	3.0333	0.5542	24.129	0.473	-16.712	0.380	20.094	2.235			0	0	0			0	0
3209631985177275776	83.61722	-4.55550	4.4603	0.0163	8.169	0.015	7.322	0.012	9.479	0.725			0	0	0			0	0
3209632358836382720	83.70058	-4.52860	2.6154	0.1412	1.280	0.135	0.687	0.101	18.144	3.320			0	0	0			10	95
3209632427557020800	83.67836	-4.52021	3.0132	1.5915	0.043	1.627	-1.438	0.979	20.738	1.578			0	0	0			14	0
3209632500574264960	83.65027	-4.52803	2.9460	0.6721	12.908	0.540	-15.280	0.422	20.180	2.838			0	0	0			0	0
3209632668074077056	83.69005	-4.50021	2.4139	0.0847	0.313	0.075	0.211	0.057	17.268	2.956			0	0	0			14	44
3209632775451232768	83.84536	-4.62800	2.5420	0.0494	0.486	0.041	-1.178	0.035	16.265	2.766			1	1	0	1.0		46	3
3209632805514060800	83.85272	-4.61584	2.5781	0.5457	-3.249	0.441	0.882	0.367	19.934	2.181			0	0	0			0	0
3209632805515605504	83.85825	-4.61657	1.9360	2.1261	7.654	1.610	-3.364	1.260	20.800	2.175			0	0	0			0	0
3209632878530439296	83.84948	-4.60831	2.6420	0.0522	0.773	0.047	0.306	0.037	16.280	2.763			0	0	1	1.0		22	82
320963308468867840	83.83612	-4.59222	3.6547	0.0738	5.966	0.063	-21.399	0.049	16.801	2.351			0	0	0			0	0
3209633153408346752	83.82818	-4.59057	2.5775	0.0664	1.178	0.057	0.927	0.044	16.582	3.134			0	0	0			5	84
3209633217829803648	83.86364	-4.57287	2.5501	0.1468	1.189	0.127	1.137	0.102	18.219	3.148			0	0	0			2	68
3209633222127803136*	83.86829	-4.57528	2.0021	0.3034	2.757	0.265	-3.509	0.220	18.240	3.442			0	0	0			0	0
3209633222127808512	83.85838	-4.58252	2.5914	0.0756	1.435	0.065	0.936	0.053	17.035	2.957			0	0	0			4	77
3209633290847279744	83.85566	-4.56359	2.5226	0.0511	1.100	0.044	-0.832	0.036	16.343	2.950			0	1	0	1.0		96	15
3209633290847280256	83.85485	-4.56433	2.5620	0.0536	1.234	0.047	-0.743	0.038	16.335	2.945			0	1	0	1.0		99	19
3209633320911691136	83.89078	-4.59218	2.1887	1.8312	-2.120	1.671	-1.645	1.381	20.820	1.749			0	0	0			0	0
3209633359565356416	83.89793	-4.57399	2.2186	1.6836	2.034	1.302	0.647	1.005	20.751	1.581			0	0	0			6	45
3209633393926493184	83.87513	-4.57437	2.5898	0.0551	0.873	0.048	-1.022	0.039	16.376	3.119			1	1	0	1.0		80	8

Приложение 1. Продолжение

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{V_r} , км/с	Tarttq	UBC621	UBC207	Cantat-Gaudin, NGC1977	Cantat-Gaudin, UBC207	$P_{\mu\text{скоп-лгнне}}^1$, %	$P_{\mu\text{скоп-лгнне}}^2$, %
3209633428286224640	83.89244	-4.56172	2.5799	0.0354	1.469	0.031	-0.486	0.025	15.615	2.457			0	1	0	1.0		87	32
3209633497005694976	83.91956	-4.55748	2.5759	0.0374	0.727	0.031	-0.839	0.026	15.034	2.103			0	0	0			73	13
3209633497006617600	83.92014	-4.56032	1.9968	0.1546	-5.770	0.128	0.364	0.105	17.922	3.140			0	0	0			0	0
3209633531365437440	83.90220	-4.55989	2.8598	0.0165	15.343	0.014	-24.498	0.012	13.791	1.150			0	0	0			0	0
3209633737523865728	83.89206	-4.54361	2.3748	0.0587	1.348	0.052	0.357	0.042	15.981	3.023			0	0	1	1.0		26	93
3209633870665968384	83.80807	-4.58429	2.8378	0.2101	1.072	0.181	-0.491	0.146	18.598	3.420			0	0	0			87	35
3209633874962855424	83.80478	-4.57581	3.3635	0.0735	23.514	0.065	-15.340	0.050	17.035	2.577			0	0	0			0	0
3209634042466195840	83.83311	-4.55453	2.2839	0.8484	11.045	0.675	-8.093	0.512	20.247	2.356			0	0	0			0	0
3209634081121273472	83.81415	-4.55729	2.5450	0.0191	1.084	0.016	0.549	0.013	13.951	1.760			0	0	1	1.0		15	99
3209634115477755648	83.81927	-4.54609	2.7791	0.5176	1.127	0.430	0.890	0.342	19.863	3.111			0	0	0			5	87
3209634214263820544	83.77813	-4.55787	2.8630	0.5082	1.304	0.447	0.320	0.372	19.710	2.989			0	0	0			28	93
3209634282982858752	83.79643	-4.54655	1.9941	0.3476	5.811	0.311	1.906	0.242	19.360	2.590			0	0	0			0	0
3209634287279701376	83.80929	-4.54803	2.5839	0.0911	1.217	0.077	0.131	0.061	17.289	3.504			0	0	0			41	85
3209634355999183104	83.79042	-4.54136	1.8769	0.5014	1.356	0.423	6.863	0.339	19.613	2.034			0	0	0			0	0
3209634420421810816	83.84827	-4.54819	2.8302	0.1996	1.240	0.169	-0.908	0.140	18.544	3.642			0	0	0			98	12
3209634523501047424	83.85151	-4.53039	1.7189	0.4707	43.208	0.379	-8.435	0.313	19.719	2.454			0	0	0			0	0
3209634523501048448	83.85452	-4.52982	1.7552	0.7929	1.760	0.578	2.692	0.459	20.265	1.954			0	0	0			0	0
3209634592220535808	83.87627	-4.52228	3.0240	0.2823	1.086	0.246	0.746	0.199	19.033	3.293			0	0	0			8	94
3209634699596549248	83.82542	-4.52205	2.6845	0.0448	1.373	0.041	0.459	0.032	15.783	2.913			0	0	1	1.0		20	94
3209634905754969856	83.84112	-4.49417	2.7835	0.0677	1.477	0.058	1.554	0.044	6.569	-0.205			0	0	0			0	31
3209634905754971136	83.83550	-4.49710	2.6056	0.1397	1.903	0.118	1.037	0.095	17.935	3.004			0	0	0			2	43
3209634940114705920	83.85150	-4.49376	1.8035	0.0376	-4.118	0.032	-0.198	0.027	15.731	1.677			0	0	0			0	0
3209635038895971584	83.92897	-4.53257	3.1424	1.8340	0.425	1.329	-2.589	1.032	20.734	1.249			0	0	0			1	0
3209635141976356608	83.97173	-4.51620	4.4643	0.3941	25.620	0.313	8.378	0.243	19.351	3.083			0	0	0			0	0
3209635283712083072	83.91858	-4.51946	2.4760	0.1114	0.863	0.094	0.857	0.076	17.661	3.736			0	0	0			5	82
3209635318068449024	83.89795	-4.52101	2.1386	0.4536	0.501	0.363	1.091	0.294	19.681	2.749			0	0	0			1	47
3209635386791291648	83.93634	-4.50054	2.7133	0.1176	1.194	0.101	1.199	0.078	17.725	3.238			0	0	0			1	63
3209635416854666240	83.95479	-4.49903	2.5359	0.3626	1.371	0.293	0.719	0.233	19.435	3.453			0	0	0			9	91

Приложение 1. Окончание

ID GDR3	α , град	δ , град	π , мсд	ε_{π} , мсд	μ_{α} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\alpha}$	μ_{δ} , мсд/год	$\varepsilon_{\mu\delta}$	G , mag	BP- RP, mag	V_r , км/с	ε_{Vr} , км/с	Tarteq	UBC621	UBC207	Canlat-Gaudin, NGC1977	Canlat-Gaudin, UBC207	$P_{\text{скоп-1}}$, %	$P_{\text{скоп-2}}$, %
3209636275848126464	83.89922	-4.48348	2.2378	0.3310	0.560	0.275	0.857	0.225	19.291	3.400			0	0	0			3	63
3209636348860592640	83.87467	-4.49045	2.4845	0.4560	-1.471	0.371	-0.032	0.306	19.745	2.938			0	0	0			0	0
3209636378926968576	83.87620	-4.48169	2.2755	0.5575	-0.140	0.446	-4.646	0.367	19.827	2.671			0	0	0			0	0
3209636383223711872	83.87978	-4.48944	2.7172	0.4714	1.079	0.379	-0.716	0.310	19.776	3.117			0	0	0			95	21
3209637173497743616	83.75700	-4.54805	2.6105	0.0310	1.161	0.028	0.525	0.023	15.371	2.305			0	0	1	1.0		17	99
3209637173497744000*	83.76095	-4.55295	3.2081	1.7010	12.948	1.407	-0.611	1.168	20.594	2.099			0	0	0			0	0
3209637203559481728*	83.77100	-4.54261	4.5315	0.6039	1.160	0.542	-4.428	0.427	16.426	3.138			0	0	0			0	0
3209637272283430656	83.75060	-4.52681	2.6186	0.0217	1.950	0.019	1.791	0.016	9.579	0.379			0	0	0			0	10
3209637379656156544	83.76993	-4.51727	2.6089	0.1013	1.259	0.085	0.330	0.067	17.402	3.226			0	0	0			27	95
3209637620174319744	83.76598	-4.49972	2.9626	0.2160	0.870	0.181	-0.545	0.143	18.632	3.364			0	0	0			79	29
3209637684595887104	83.76295	-4.49302	3.1329	0.1946	6.953	0.164	-16.165	0.126	18.534	2.628			0	0	0			0	0
3209637723250200576	83.81028	-4.50699	2.1165	0.3788	1.547	0.311	-17.263	0.245	19.540	2.898			0	0	0			0	0
3209637822034844800	83.79934	-4.48929	3.5188	0.2225	17.618	0.197	-22.425	0.150	18.840	2.673			0	0	0			0	0
3209637856398146944	83.81648	-4.49165	2.7583	0.2727	10.326	0.239	-10.603	0.185	19.047	3.133			0	0	0			0	0
3209637860692471936	83.82367	-4.48975	2.6681	0.0141	3.604	0.013	-0.239	0.010	12.850	0.868			0	0	0			0	0
3209637860692473728*	83.81707	-4.49176	2.3184	0.1167	0.662	0.104	0.630	0.078	16.570	3.048			0	0	0			8	77
3209637895050745088	83.83853	-4.48738	1.9613	0.9033	-0.476	0.747	4.083	0.576	20.355	1.304			0	0	0			0	0
3209637895052204800	83.84492	-4.48086	2.5190	0.0239	1.215	0.020	-0.704	0.015	14.535	1.755			1	1	0	1.0		98	22
3209637963772605312	83.82122	-4.47126	3.0890	0.0754	5.304	0.070	-14.227	0.054	17.033	2.333			0	0	0			0	0
3209637998128166528	83.77890	-4.48682	1.8985	0.3700	5.599	0.296	-6.789	0.235	19.419	2.790			0	0	0			0	0
3209638032491167872	83.79538	-4.48376	2.5510	0.0686	1.229	0.063	0.603	0.047	16.815	2.976			0	0	1		1.0	13	98
3209638066850913536	83.76684	-4.48642	2.1600	0.0147	-4.615	0.012	-8.693	0.010	12.791	1.113	69.54	2.06	0	0	0			0	0
3209638303074732800	83.73178	-4.50424	1.7826	1.1522	0.304	0.930	7.861	0.784	20.631	1.388			0	0	0			0	0
3209638341728844928	83.70720	-4.49293	2.3638	0.1295	0.319	0.123	0.495	0.093	17.979	3.291			0	0	0			7	49
3209638341728846464	83.70325	-4.49508	2.5101	0.0797	0.110	0.073	0.734	0.058	17.149	3.075			0	0	0			2	32
3209638479167789440	83.72166	-4.48423	2.4986	0.0143	0.772	0.013	0.472	0.010	13.409	1.748			0	0	1		1.0	15	86
3209638479167789824	83.72274	-4.48600	2.5694	0.0593	0.801	0.055	0.146	0.043	16.417	3.046			0	0	1		1.0	32	76

Приложение 2. Вероятности членства звезд в скоплениях по данным (Castro-Ginard, et al. 2020 [5]) и (Cantat-Gaudin, et al. 2020 [12]) и полученные в данной работе. В колонках содержатся ID Gaia DR3 (звезды с RUWE ≥ 1.4 отмечены индексом “звездочка”). В колонках UBC 621, UBC 207 – флаг = 1/0, если звезда есть/нет в списке [5], колонки Conte-Gaudin NGC 1977 и Conte-Gaudin UBC 207 содержат значения проба из [12], колонки “ P_μ скопление 1” и “ P_μ скопление 2” – оценки вероятности принадлежности к NGC 1977 и NGC 1981, полученные в данной работе

ID GDR3	UBC621	Cantat-Gaudin, NGC1977	P_μ скоп- ление 1, %	UBC207	Cantat-Gaudin, UBC207	P_μ скопление 2, %
PЗС UBC 621 (NGC 1977)						
3209529112120792320	1	1.0	49	0		3
3209535125074880896	1	1.0	20	0		0
3209535812269642624	1	1.0	56	0		1
3209535880989110784	1	1.0	88	0		34
3209543646290052480	1	1.0	61	0		44
3209545845313264256	1	1.0	67	0		26
3209546704307621888	1	1.0	46	0		77
3209546910465148928	1	1.0	77	0		3
3209547013544362624	1	1.0	96	0		11
3209547043605422976*	1	1.0	70	0		12
3209547593361280000	1	1.0	81	0		6
3209548216135201408	1	1.0	60	0		1
3209549315646870656	1	1.0	99	0		21
3209549831042932224	1	1.0	46	0		47
3209549934122125568	1	1.0	78	0		4
3209550037201361024	1	1.0	92	0		33
3209551514670084992	1	1.0	60	0		50
3209551613451841664	1	1.0	63	0		35
3209552304944061312	1	1.0	82	0		16
3209552339303795072	1	1.0	87	0		19
3209552442383007744	1	1.0	58	0		5
3209552678602713344	1	1.0	54	0		57
3209553026498569344	1	1.0	32	0		70
3209553576254369536	1	1.0	71	0		33
3209553576254369792	1	1.0	64	0		48
3209555569119322624	1	1.0	58	0		15
3209559211251444992	1	1.0	52	0		57
3209559486129350912	1	1.0	58	0		3
3209560138964360064	1	1.0	89	0		6
3209560173324262016	1	1.0	92	0		9
3209571305879349248	1	1.0	54	0		24
3209571477678049408	1	1.0	49	0		74
3209571683836467584	1	1.0	87	0		5
3209571855635149824	1	1.0	87	0		9
3209571958715287680*	1	1.0	67	0		11
3209572061793574912	1	1.0	97	0		11
3209572061793579264	1	1.0	63	0		1
3209572130513055104	1	1.0	85	0		6
3209572233592263168	1	1.0	85	0		5
3209572233592263808	1	1.0	51	0		1
3209572267951998080	1	1.0	28	0		0
3209572405390981760	1	1.0	97	0		19
3209572611549411200	1	1.0	54	0		4

Приложение 2. Продолжение

ID GDR3	UBC621	Cantat-Gaudin, NGC1977	P_{μ} скоп- ление 1, %	UBC207	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скопление 2, %
3209572847772120320	1	1.0	73	0		7
3209572852067565568*	1	1.0	91	0		9
3209572916491595904*	1	1.0	18	0		0
3209572955146774656	1	1.0	68	0		2
3209573058225987712	1	1.0	67	0		2
3209573058226152064	1	1.0	79	0		3
3209573436183095296	1	1.0	91	0		8
3209573814140210944	1	1.0	95	0		13
3209574054658370304	1	1.0	97	0		21
3209574604414198272	1	1.0	91	0		26
3209574673133667712	1	1.0	87	0		13
3209574707493411712	1	1.0	99	0		13
3209574741853143552	1	1.0	97	0		20
3209574776212894976	1	1.0	84	0		15
3209574776212896384	1	1.0	83	0		4
3209574810572628352	1	1.0	77	0		16
3209574913651840640	1	1.0	76	0		7
3209575463407638400	1	1.0	91	0		34
3209575600846656128	1	1.0	49	0		7
3209575703925862912	1	1.0	78	0		16
3209575703925864576*	1	1.0	74	0		3
3209575807002165248*	1	1.0	60	0		1
3209575807005072000	1	1.0	92	0		7
3209575978803775488*	1	1.0	46	0		0
3209576013163656064	1	1.0	12	0		0
3209576322401123200	1	1.0	75	0		17
3209576459840251776	1	1.0	72	0		55
3209576597279031680*	1	1.0	78	0		21
3209576769077759744*	1	1.0	67	0		12
3209576769077761152*	1	1.0	65	0		34
3209576940876434048	1	1.0	80	0		10
3209576940876434176	1	1.0	59	0		10
3209577421912751616	1	1.0	45	0		3
3209577692491953024*	1	1.0	39	0		81
3209577937308816896	1	1.0	78	0		13
3209578074747777792	1	1.0	96	0		27
3209578109107513856	1	1.0	88	0		6
3209578177827165568	1	1.0	85	0		22
3209578276615162112*	1	1.0	92	0		7
3209578280906199168	1	1.0	95	0		9
3209578865021733760	1	1.0	72	0		53
3209579002460710144	1	1.0	80	0		11
3209579311698352128	1	1.0	51	0		21
3209579341762702464	1	1.0	49	0		78
3209579517856776832	1	1.0	49	0		29
3209581476361838592	1	1.0	96	0		26
3209598346993491840	1	1.0	80	0		43
3209598587511657216	1	1.0	77	0		50

Приложение 2. Окончание

ID GDR3	UBC621	Cantat-Gaudin, NGC1977	P_{μ} скоп- ление 1, %	UBC207	Cantat-Gaudin, UBC207	P_{μ} скопление 2, %
3209598656231133824	1	1.0	97	0		26
3209601576808874880	1	1.0	54	0		13
3209606009215121024	1	1.0	35	0		72
3209624529114069888	1	1.0	78	0		14
3209625216308848512	1	1.0	98	0		20
3209625525546487168	1	1.0	69	0		50
3209625731704909952	1	1.0	60	0		32
3209627415332067968	1	1.0	35	0		88
3209627484051543424	1	1.0	73	0		11
3209628411764704384	1	1.0	71	0		52
3209629442556644096	1	1.0	50	0		20
3209630438989062528	1	1.0	56	0		71
3209632775451232768	1	1.0	46	0		3
3209633290847279744	1	1.0	96	0		15
3209633290847280256	1	1.0	99	0		19
3209633393926493184	1	1.0	80	0		8
3209633428286224640	1	1.0	87	0		32
3209637895052204800	1	1.0	98	0		22
P3C UBC 207 (NGC 1981)						
3209555534759586432	0		4	1	1.0	77
3209530039833724032	0		6	1	1.0	86
3209557802502310912	0		3	1	1.0	77
3209558592776300032	0		4	1	1.0	80
3209558764574989696	0		0	1	1.0	31
3209568797618582144	0		2	1	1.0	66
3209573775484007040	0		37	1	1.0	67
3209573779780478592	0		4	1	1.0	76
3209573951579158144	0		5	1	1.0	87
3209574054658371200	0		4	1	1.0	82
3209575463407640960	0		3	1	1.0	79
3209578315265936128	0		2	1	1.0	68
3209579002460711168	0		2	1	1.0	63
3209579208619140480	0		4	1	1.0	80
3209581167124196736	0		1	1	1.0	57
3209581682520242560	0		24	1	1.0	92
3209585633890383872	0		15	1	1.0	97
3209586355444660992	0		41	1	1.0	79
3209628068167078656	0		19	1	1.0	87
3209630748226684928*	0		5	1	1.0	87
3209632878530439296	0		22	1	1.0	82
3209633737523865728	0		26	1	1.0	93
3209634081121273472	0		15	1	1.0	99
3209634699596549248	0		20	1	1.0	94
3209637173497743616	0		17	1	1.0	99
3209638032491167872	0		13	1	1.0	98
3209638479167789440	0		15	1	1.0	86
3209638479167789824	0		32	1	1.0	76

БЛАГОДАРНОСТИ

В этой работе использовались данные миссии Gaia Европейского космического агентства (ESA) (<https://www.cosmos.esa.int/gaia>), обработанные Консорциумом обработки и анализа данных Gaia (DPAC, <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dpac/consortium>). Финансирование DPAC было предоставлено национальными учреждениями, в частности учреждениями, участвующими в Многостороннем соглашении Gaia. Веб-сайт миссии Gaia: <https://www.cosmos.esa.int/gaia>. Веб-сайт архива Gaia: <https://archives.esac.esa.int/gaia>. В этом исследовании использовалась база данных SIMBAD (<http://cds.u-strasbg.fr>), работающая в CDS, Страсбург, Франция. Авторы благодарят Н.В. Харченко и А.Э. Пискунову за полезные советы и замечания. Авторы благодарят Д.А. Мосунову за помощь. Авторы признательны рецензентам за замечания, позволившие улучшить содержание работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *S. V. Vereshchagin and N. V. Chupina*, Astron. Reports, **54**, 784 (2010).
2. *J. A. Caballero, A. de Burgos, F. J. Alonso-Floriano, A. Cabrera-Lavers, D. García-Álvarez, and D. Montes*, Astron. and Astrophys. **629**, A114 (2019).
3. *J. E. Großschedl, J. Alves, S. Meingast, and G. Herbst-Kiss*, Astron. and Astrophys. **647**, A91, 35 pp. (2021).
4. *Y. Tarricq, C. Soubiran, L. Casamiquela, T. Cantat-Gaudin, et al.*, Astron. and Astrophys. **647**, A19, 15 (2021).
5. *A. Castro-Ginard, C. Jordi, X. Luri, J. Álvarez Cid-Fuentes, et al.*, Astron. and Astrophys. **635**, A45 (2020).
6. *X. Pang, S.-Y. Tang, Y. Li, Z. Yu, et al.*, Astrophys. J. **931**, 2, id.156, 25 (2022).
7. *S. V. Vereshchagin and N. V. Chupina*, Astron. Reports **55**, 2, 123 (2011).
8. *H. Bouy, J. Alves, E. Bertin, L. M. Sarro, and D. Barrado*, Astron. and Astrophys. **564**, A29 (2014).
9. *S. V. Vereshchagin, A. V. Tutukov, N. V. Chupina, E. S. Postnikova, and M. D. Sizova*, Astron. Reports, **66**, 5, 361 (2022).
10. Gaia DR2 Gaia Collaboration, A. G. A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, et al., Astron. and Astrophys. **616**, id. A1, 22 (2018).
11. Gaia DR3 Gaia Collaboration, A. Vallenari, et al., Astron. and Astrophys. in prep., VizieR On-line Data Catalog: I/355/gaiadr3 (2022j).
12. *T. Cantat-Gaudin, F. Anders, A. Castro-Ginard, C. Jordi, M., et al.*, Astron. and Astrophys. **640**, A1, 1-1 (2020).
13. *C. Conrad, R.-D. Scholz, N. V. Kharchenko, et al.*, Astron. and Astrophys. **600**, A106, 15 pp. (2017).
14. *G. Carraro and C. Chiosi*, Astron. and Astrophys. **288**, 751 (1994).
15. *C. Bonatto, E. Bica, and J. F. C. Santos Jr.*, Astron. and Astrophys. **433**, 917 (2005).
16. *C. Taylor, M. Boylan-Kolchin, P. Torrey, M. Vogelsberger, and L. Hernquist*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **461**, 3483 (2016).
17. *M. S. Angelo, J. F. C. Santos Jr, F. F. S. Maia, and W. J. B. Corradi*, preprint astro-ph/ 2112.15247 (2021).
18. *N. V. Kharchenko, A. E. Piskunov, S. Roeser, E. Schilbach, and R.-D. Scholz*, Astron. and Astrophys. **558**, A53 (2013).
19. *H. Monteiro, W. S. Dias, A. Moitinho, T. Cantat-Gaudin, et al.*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **499**, 2, 1874 (2020).
20. *L. Lindegren, J. Hernández, A. Bombrun, et al.*, Astron. and Astrophys. **616**, A2 (2018).
21. *N. V. Kharchenko, A. E. Piskunov, S. Röser, E. Schilbach, and R.-D. Scholz*, Astronomische Nachrichten **325**, 9, 740 (2004).
22. *N. V. Kharchenko, A. E. Piskunov, E. Schilbach, S. Röser, and R.-D. Scholz*, Astron. and Astrophys. **543**, A156 (2012).
23. *E. Vasiliev*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **484**, 2832 (2019).
24. *Ya. O., Chumak and A. S. Rastorguev*, Astron. Lett. **32**, 3, 157-165 (2006).
25. *T. B. Andersen and A. Reiz*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. **53**, 181 (1983).
26. Gaia DR3 Gaia Collaboration, A. Vallenari, et al., Atystron. and Astrophys. in prep., VizieR On-line Data Catalog: I/355/paramp (2022j).
27. *S. V. Ramirez, L. Rebull, J. Stauffer, S. Strom, et al.*, Astron. J. **128**, 787 (2004).
28. VizieR On-line Data Catalog: II/368. Originally published in: Spitzer Science Center (SSC), IRSA (2021).
29. *N. N. Samus, E. V. Kazarovets, O. V. Durlevich, N. N. Kireeva, and E. N. Pastukhova*, Astron. Reports, **61**, 1, 80 (2017).
30. *Z. He, X. Liu, Y. Luo, K. Wang, and Q. Jiang*, arXiv: 2209.08504 (2022)