

# Новый каталог орбит 152 галактических шаровых скоплений по данным Gaia EDR3

А.Т. Байкова<sup>1,\*</sup>, В.В. Бобылев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГАО РАН

\* *e-mail*: [bajkova@gaoran.ru](mailto:bajkova@gaoran.ru)

## Аннотация

В данной работе приводится новый каталог орбит и их параметров практически для полного списка известных на сегодняшний день галактических шаровых скоплений (ШС), составленного Васильевым (2019) на основе наиболее точных современных измерений их скоростей и положений. Интегрирование орбит 152 шаровых скоплений на 5 млрд лет назад произведено с использованием новых средних собственных движений, полученных из каталога Gaia EDR3 (Васильев, Баумгардт, 2021), и новых средних расстояний (Баумгардт, Васильев, 2021) в уточненном нами осесимметричном трехкомпонентном потенциале со сферической балджем, дисковой компонентой и сферическим темным гало Наварро-Франка-Уайта (Байкова, Бобылев, 2016). Новые параметры орбит сравниваются с параметрами орбит, построенными нами ранее (Байкова, Бобылев, 2021) в том же гравитационном потенциале с использованием собственных движений, полученных из каталога Gaia DR2 (Васильев, 2019), и с расстояниями из каталога Харриса (2010 г.).

## Введение

Шаровые скопления (ШС) являются одними из самых интересных объектов нашей Галактики. Их изучение позволяет понять рождение и эволюцию Галактики, поскольку они являются самыми старыми звездными образованиями. Их возраст почти равен возрасту Вселенной. В настоящее время известно около 170 ШС Млечного Пути. По теоретическим оценкам число ШС Млечного Пути может составлять порядка 200.

Одним из методов исследований ШС является изучение их орбитального движения, которое стало возможным благодаря измерениям с высокой точностью их пространственных скоростей и положений с космического аппарата Gaia. Появление каталогов средних собственных движений уже по данным второго релиза DR2 в сочетании с другими астрометрическими данными о лучевых скоростях и положениях ШС сделало реальным изучение орбитального движения почти всех известных на сегодняшний день ШС (например, Хелми и др., 2018; Баумгардт и др., 2019; Васильев, 2019; Байкова и др., 2020; Байкова, Бобылев, 2021).

Среди каталогов астрометрических данных с собственными движениями из Gaia DR2 (Браун и др., 2018) особо отметим каталог Васильева (2019) для порядка 150 ШС, который позволяет строить 6D фазовое пространство, необходимое для вычисления орбит. Этот каталог был использован нами для исследования орбитальных свойств ШС и на этой основе мы разработали новый метод разделения ШС по подсистемам Галактики: балджа, толстого диска и гало (Байкова и др., 2020), основанный на бимодальном характере распределения параметра  $L_Z/esc$ , где  $L_Z - Z$  - компонента углового момента,  $esc$  - эксцентриситет орбиты. В работе Байковой, Бобылева (2021) нами представлен каталог орбит 152 ШС и их орбитальных параметров, а также предложена модифицированная нами классификация Массари и др. (2019) по подсистемам Галактики, исходя из полученных орбитальных свойств ШС.

С появлением новой, более точной версии каталога собственных движений ШС (Васильев, Баумгардт, 2021), основанной на данных измерений Gaia EDR3 (Браун и др., 2021), а также новых средних расстояний ШС (Баумгардт, Васильев, 2021), возникает естественная задача построения нового каталога орбит ШС и уточнения их параметров. Этому и

посвящена данная работа.

Работа структурирована следующим образом. В первом разделе дается краткое описание и обоснование принятой модели гравитационного потенциала, в котором производится интегрирование орбит ШС, приводятся уравнения движения и даются формулы для вычисления орбитальных параметров. Во втором разделе дается описание данных, приводится сравнение средних собственных движений и их неопределенностей, полученных по данным каталогов Gaia DR2 и EDR3, а также сравнение новых расстояний ШС с ранее использовавшимися расстояниями из каталога Харриса (2010). Третий раздел посвящен обсуждению результатов работы, дается каталог орбит ШС и их параметров, вычисленных по новым данным, производится сравнение основных орбитальных параметров с параметрами, опубликованными в работе Байковой, Бобылева (2021). В Заключении представлены основные выводы работы.

## 1 Метод

### 1.1 Модель осесимметричного галактического потенциала

Осесимметричный гравитационный потенциал Галактики представлен в виде суммы трех компонентов: центрального сферического балджа  $\Phi_b(r(R, Z))$ , диска  $\Phi_d(r(R, Z))$  и массивного сферического гало темной материи  $\Phi_h(r(R, Z))$  (Байкова, Бобылев, 2016 и ссылки там):

$$\Phi(R, Z) = \Phi_b(r(R, Z)) + \Phi_d(r(R, Z)) + \Phi_h(r(R, Z)). \quad (1)$$

Здесь мы используем цилиндрическую систему координат  $(R, \psi, Z)$  с началом в центре Галактики. В прямоугольной декартовой системе координат  $(X, Y, Z)$  с началом в центре Галактики расстояние до звезды (сферический радиус) равно  $r^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = R^2 + Z^2$ . Гравитационный потенциал выражается в единицах  $100 \text{ км}^2/\text{с}^2$ , расстояния – в кпк, массы – в единицах массы Галактики,  $M_0 = 2.325 \times 10^7 M_\odot$ , гравитационная постоянная равна  $G = 1$ .

Потенциалы балджа  $\Phi_b(r(R, Z))$  и диска  $\Phi_d(r(R, Z))$  выражаются в

форме, предложенной Миямото, Нагаи (1975):

$$\Phi_b(r) = -\frac{M_b}{(r^2 + b_b^2)^{1/2}}, \quad (2)$$

$$\Phi_d(R, Z) = -\frac{M_d}{\left[ R^2 + \left( a_d + \sqrt{Z^2 + b_d^2} \right)^2 \right]^{1/2}}, \quad (3)$$

где  $M_b, M_d$  - массы этих компонентов, а  $b_b, a_d, b_d$  - масштабные параметры компонентов в кпк.

Для описания компонента гало мы использовали выражение в форме Наварро-Френка-Уайта (NFW), представленное в работе Наварро и др. (1997):

$$\Phi_h(r) = -\frac{M_h}{r} \ln \left( 1 + \frac{r}{a_h} \right), \quad (4)$$

где  $M_h$  - масса,  $a_h$  - масштабный фактор.

Принятая нами модель галактического потенциала, которую для краткости обозначим как NFWBB, имеет параметры, полученные в результате их подгонки к данным о круговых скоростях облаков ионизованного водорода HI, мазерных источников и различных объектов гало с большими галактоцентрическими расстояниями  $R$  вплоть до  $\sim 200$  кпк из работы Бхаттачарджи и др. (2014) (см. Рис. 1). Кроме того, при подгонке параметров были использованы ограничения на локальную динамическую плотность материи  $\rho_\odot = 0.1 M_\odot \text{ пк}^{-3}$  и силу, действующую перпендикулярно плоскости Галактики  $|K_{z=1.1}|/2\pi G = 77 M_\odot \text{ пк}^{-2}$  (Иррганг и др., 2013).

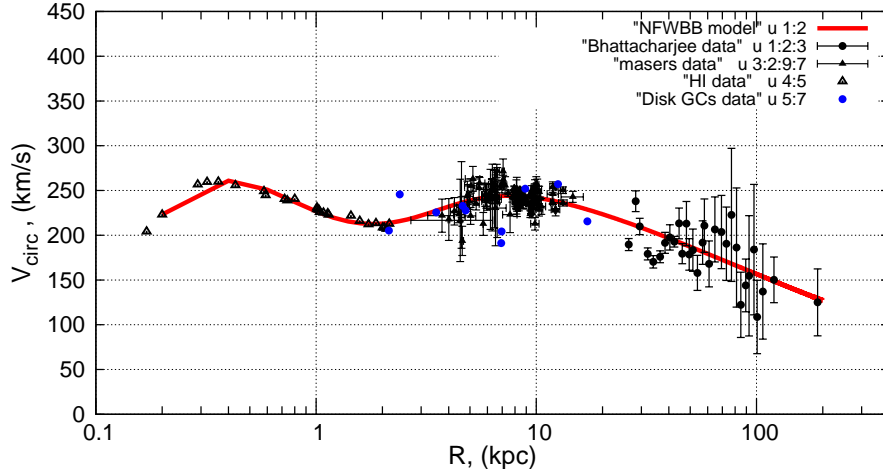
Параметры модели NFWBB приведены в Таблице 1. Соответствующая модельная кривая вращения до расстояний  $R = 200$  кпк показана на Рис. 1. При построении кривой вращения мы использовали значения  $R_\odot = 8.3$  кпк для галактоцентрического расстояния Солнца и  $V_\odot = 244$  км/с для линейной скорости вращения местного стандарта покоя вокруг центра Галактики, как принято в работе Бхаттачарджи и др. (2014). Масса Галактики согласно этой модели (Байкова, Бобылев, 2016) равна  $M_{G(R \leq 200 \text{ кпк})} = 0.75 \pm 0.19 \times 10^{12} M_\odot$ . Это значение хорошо согласуется с современными независимыми оценками. Так, например,

**Таблица 1:** Параметры модели потенциала,  $M_0 = 2.325 \times 10^7 M_\odot$ 

Параметр	Значение
$M_b [M_\odot]$	$443 \pm 27$
$M_d [M_\odot]$	$2798 \pm 84$
$M_h [M_\odot]$	$12474 \pm 3289$
$b_b$ [кпк]	$0.2672 \pm 0.0090$
$a_d$ [кпк]	$4.40 \pm 0.73$
$b_d$ [кпк]	$0.3084 \pm 0.0050$
$a_h$ [кпк]	$7.7 \pm 2.1$
$R_\odot$ [кпк]	8.30
$V_\odot$ [км/с]	243.9
$M_{G(R \leq 200)}$ [ $10^{12} M_\odot$ ]	$0.75 \pm 0.19$

нижняя оценка массы NFW гало, полученная совсем недавно Коппельманом, Хелми (2021) по данным о скоростях убегающих звезд гало, составляет  $M_{G(R \leq 200 \text{ кпк})} = 0.67^{+0.30}_{-0.15} \times 10^{12} M_\odot$ . На Рис. 1, в дополнение к имеющимся данным, нанесены также (синие точки) круговые скорости выделенных нами ШС толстого диска с эксцентриситетами орбит  $< 0.2$ , которые показывают хорошее согласие с данными по мазерным источникам на отрезке галактоцентрических расстояний  $2 < R < 20$  кпк.

Модель гравитационного потенциала Млечного Пути NFWBB представляется нам наиболее реалистичной по сравнению с другими известными моделями, поскольку она подкреплена данными на больших галактоцентрических расстояниях, что очень важно при интегрировании орбит далеких шаровых скоплений и скоплений с большим апоцентрическим расстоянием, а также дает хорошее согласие с современными оценками локальных параметров и рядом независимых оценок массы Галактики (Байкова, Бобылев, 2017)), тщательный обзор которых дан также в недавней работе Ван и др. (2020).



**Рис. 1:** Кривая вращения, соответствующая модели потенциала NFWBB. Синими точками нанесены круговые скорости ШС диска с эксцентриситетами орбит  $< 0.2$ .

## 1.2 Интегрирование орбит

Уравнение движения пробной частицы в осесимметричном гравитационном потенциале может быть получено из лагранжиана системы  $\mathcal{L}$  (см. Приложение А в работе Ирранга и др. (2013):

$$\mathcal{L}(R, Z, \dot{R}, \dot{\psi}, \dot{Z}) = 0.5(\dot{R}^2 + (R\dot{\psi})^2 + \dot{Z}^2) - \Phi(R, Z). \quad (5)$$

Введя канонические моменты

$$\begin{aligned} p_R &= \partial\mathcal{L}/\partial\dot{R} = \dot{R}, \\ p_\psi &= \partial\mathcal{L}/\partial\dot{\psi} = R^2\dot{\psi}, \\ p_Z &= \partial\mathcal{L}/\partial\dot{Z} = \dot{Z}, \end{aligned} \quad (6)$$

получаем уравнения Лагранжа в виде системы шести дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{aligned}
 \dot{R} &= p_R, \\
 \dot{\psi} &= p_\psi/R^2, \\
 \dot{Z} &= p_Z, \\
 \dot{p}_R &= -\partial\Phi(R, Z)/\partial R + p_\psi^2/R^3, \\
 \dot{p}_\psi &= 0, \\
 \dot{p}_Z &= -\partial\Phi(R, Z)/\partial Z.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Для интегрирования уравнений (7) мы использовали алгоритм Рунге-Кутты четвертого порядка. Интегрирование производилось на 5 млрд лет назад. Как показано в работе Байковой и др. (2021) на этом интервале времени галактический потенциал можно считать стационарным.

Пекулярная скорость Солнца относительно Местного стандарта покоя принималась равной  $(u_\odot, v_\odot, w_\odot) = (11.1, 12.2, 7.3) \pm (0.7, 0.5, 0.4)$  км/с (Шонрих и др., 2010). Здесь мы используем гелиоцентрические скорости в подвижной декартовой системе координат со скоростью  $u$ , направленной в сторону галактического центра,  $v$  – в направлении вращения Галактики и  $w$ , перпендикулярной плоскости Галактики и направленной к северному полюсу Галактики.

Пусть начальные положения и пространственные скорости пробной частицы в гелиоцентрической системе координат равны  $(x_o, y_o, z_o, u_o, v_o, w_o)$ . Тогда начальные положения  $(X, Y, Z)$  и скорости  $(U, V, W)$  пробной частицы в декартовых галактических координатах задаются формулами:

$$\begin{aligned}
 X &= R_\odot - x_o, Y = y_o, Z = z_o + h_\odot, \\
 R &= \sqrt{X^2 + Y^2}, \\
 U &= u_o + u_\odot, \\
 V &= v_o + v_\odot + V_0, \\
 W &= w_o + w_\odot,
 \end{aligned} \tag{8}$$

где  $R_\odot$  и  $V_\odot$  – галактоцентрическое расстояние и линейная скорость вращения Местного стандарта покоя вокруг центра Галактики,  $h_\odot = 16$  пк (Бобылев, Байкова, 2016) – высота Солнца над плоскостью Галактики,  $\Pi$  и  $\Theta$  – радиальная и круговая скорости соответственно.

В данной работе мы вычисляем следующие параметры орбит шаровых скоплений по известным формулам (единицы измерений параметров указаны в Таблице 2):

(1) начальное расстояние ШС от центра Галактики  $d_{GC}$ :

$$d_{GC} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}; \quad (9)$$

(2) радиальную скорость  $\Pi$ :

$$\Pi = -U \frac{X}{R} + V \frac{Y}{R}; \quad (10)$$

(3) круговую скорость  $\Theta$ :

$$\Theta = U \frac{Y}{R} + V \frac{X}{R}; \quad (11)$$

(4) полную 3D скорость  $V_{tot}$ :

$$V_{tot} = \sqrt{\Pi^2 + \Theta^2 + W^2}; \quad (12)$$

(5) апоцентрическое расстояние (apo) орбиты;

(6) перицентрическое расстояние (peri) орбиты;

(7) эксцентриситет (ecc) орбиты:

$$ecc = \frac{apo - peri}{apo + peri}; \quad (13)$$

(8) компоненты углового момента:

$$L_X = Y \times W - Z \times V; \quad (14)$$

$$L_Y = Z \times U - X \times W; \quad (15)$$

$$L_Z = X \times V - Y \times U; \quad (16)$$



(9) угол наклона орбиты  $\theta$ :

$$\theta = \arccos\left(\frac{L_Z}{L}\right), \quad (17)$$

где  $L = \sqrt{L_X^2 + L_Y^2 + L_Z^2}$  – полный орбитальный момент;

(10) период орбиты  $T_r$ ;

(11) полную энергию  $E$ :

$$E = \Phi(R, Z) + \frac{V_{tot}^2}{2}. \quad (18)$$

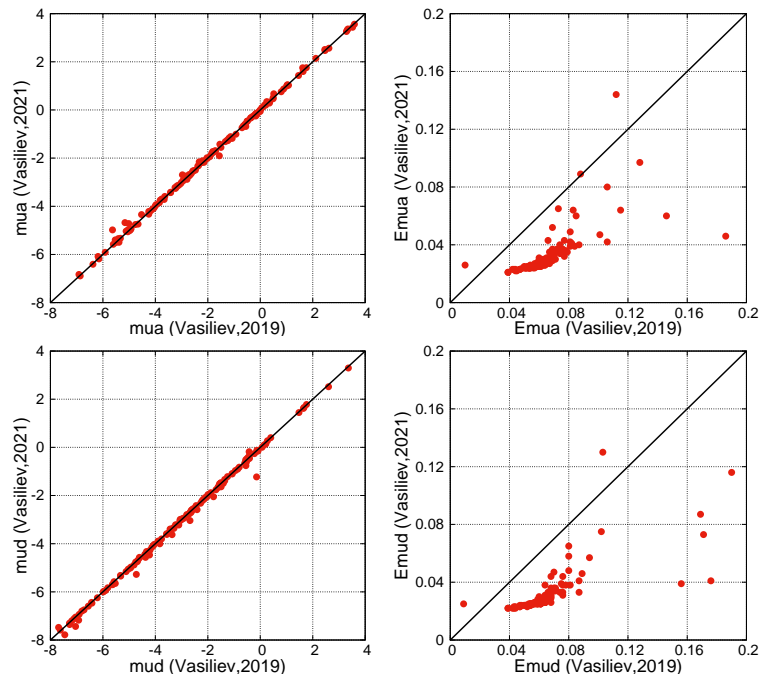
Неопределенности орбитальных параметров рассчитывались методом Монте-Карло с использованием 100 итераций с учетом неопределенностей в начальных координатах и скоростях ШС, а также ошибок в пекулярной скорости Солнца.

## 2 Данные

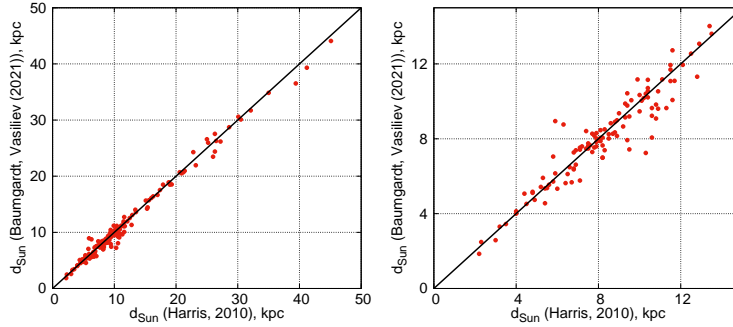
Для исследованных нами ранее 152 шаровых скоплений (Байкова, Бобылев, 2021) с данными преимущественно из каталога Васильева (2019), мы взяли новые средние значения собственных движений и их неопределенностей из нового каталога Васильева и Баумгардта (2021), полученного из данных каталога Gaia EDR3, а также новые средние значения расстояний из работы Баумгардта, Васильева (2021). Все остальные астрометрические данные (лучевые скорости, координаты) остались прежними.

На Рис. 2 мы даем сравнение средних собственных движений из этих двух каталогов, полученных по измерениям Gaia DR2 и Gaia EDR3. Как следует из рисунка, новые значения собственных движений для ряда ШС заметно отличаются от старых. При этом точность измерения новых собственных движений в среднем повысилась в два раза.

На Рис. 3 дается сравнение расстояний ШС до Солнца, взятых из каталога Харриса (2010) при составлении предыдущего каталога орбит, и средних расстояний из каталога Баумгардта и Васильева (2021), использованных нами при составлении нового каталога. Левая панель отражает расстояния до 50 кпк, а правая - до 15 кпк. Из приведенных ри-



**Рис. 2:** Сравнение собственных движений ШС (по  $\alpha$  ( $\mu_\alpha$ ) и  $\delta$  ( $\mu_\delta$ ), обозначенных на графиках как  $\mu_\alpha$  и  $\mu_\delta$ , соответственно) и их неопределенностей ( $E_{\mu\alpha}$ ) и ( $E_{\mu\delta}$ ), соответственно) из каталога Васильева (2019) (Gaia DR2, горизонтальная ось) и каталога Васильева, Баумгардта (2021) (Gaia EDR3, вертикальная ось). На каждой панели нанесена линия совпадения.



**Рис. 3:** Сравнение гелиоцентрических расстояний ШС ( $d_{Sun}$ ) из каталога Харриса (2010) (горизонтальная ось) и каталога Баумгардта и Васильева (2021) (вертикальная ось). На левой панели показаны расстояния до 50 кпк, на правой панели - до 15 кпк. На каждой панели нанесена линия совпадения.

сунков (особенно для небольших  $d_{Sun}$ ), видно, что расстояния для ряда ШС отличаются довольно значительно, что совместно с изменениями собственных движений, как будет показано ниже, существенно отразилось на орбитальном движении (и соответственно, орбитальных параметрах) многих ШС.

### 3 Результаты

В Таблице 4 приводятся орбитальные параметры ( $d_{GC}$ ,  $\Pi$ ,  $\Theta$ ,  $V_{tot}$ ,  $apo$ ,  $peri$ ,  $ecc$ ,  $\theta$ ,  $T_r$ ,  $L_Z$ ,  $E$ , см. раздел 1.2) 152 ШС, вычисленные для новых средних собственных движений EDR3 (Васильев, Баумгардт, 2021), а также новых средних расстояний (Баумгардт, Васильев, 2021).

Сравнение основных орбитальных параметров ШС, вычисленных с использованием средних собственных движений Gaia EDR3, с аналогичными параметрами, вычисленными по данным каталога Gaia DR2, показано на Рис. 4. Как видно из рисунков, для ряда ШС наблюдается существенное различие. Как показывает анализ, наибольшему изменению орбитальных свойств подверглись наиболее далекие объекты и объекты с сильно вытянутыми в радиальном направлении орбитами. Отметим также, что классификация Массари (2019) ШС по подгруппам, модифицированная в работе Байковой, Бобылева (2021), сохранилась,

поскольку параметр  $L_Z/esc$ , как видно из рисунка, не подвергся большим изменениям.

Новый каталог орбит в двух проекциях  $(X, Y)$  и  $(R, Z)$  152 шаровых скоплений приведен на Рис. 5, который можно сравнить с предыдущим, опубликованным в работе Байковой, Бобылева (2021).

## 4 Заключение

Появление все более точных астрометрических данных о координатах и пространственных скоростях шаровых скоплений позволяет изучать их движение в трехмерном пространстве путем интегрирования орбит в гравитационном потенциале Галактики.

Уже благодаря данным Gaia DR2 (Хелми и др., 2018; Баумгардт и др., 2019; Васильев, 2019) о собственных движениях почти всех известных на сегодняшний день шаровых скоплениях стало возможным изучение их кинематики и динамики, проведение классификации ШС по подсистемам Млечного Пути с целью определения объектов, образовавшихся непосредственно в Галактике, либо привнесенных извне в результате аккреции с других (карликовых) галактик, окружающих Млечный Путь (Массари и др., 2019). Создание каталога орбит и их параметров почти всех ШС (Байкова, Бобылев, 2021) с известными данными о 6D фазовом пространстве, необходимом для интегрирования орбит, дает высокоинформативный материал для последующих исследований.

Недавнее появление новой, более точной версии каталога собственных движений (Васильев, Баумгардт, 2021), а также новых, более точных усредненных расстояний (Баумгардт, Васильев, 2021), позволило создать новую версию каталога орбит 152 ШС и их параметров, что и явилось результатом данной работы.

Авторы благодарны рецензенту за полезные замечания, которые способствовали улучшению статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байкова А.Т., Бобылев В.В., Письма в Астрон. журн. **42**, 625 (2016) [А.Т. Bajkova and V.V. Bobylev, *Astron. Lett.* **42**, 567 (2016)].

2. Байкова и др. (A.T. Bajkova, G. Carraro, V.I. Korchagin, N.O. Budanova, and V.V. Bobylev), *Astrophys. J.* **895**, 69 (2020).
3. Байкова, Бобылев (A.T. Bajkova and V.V. Bobylev), *RAA*, **21**, Issue 7, 173 (2021).
4. Байкова и др. (Байкова А.Т., Смирнов А.А., Бобылев В.В.), Письма в Астрон. журн. **47**, 472 (2021) [A.T. Bajkova, A.A.Smirnov, and V.V. Bobylev, *Astron. Lett.* **47**, 454 (2021)].
5. Баумгардт и др. (H. Baumgardt, M. Hilker, A. Sollima, and A. Bellini), *MNRAS* **482**, 5138 (2019).
6. Баумгардт, Васильев (H. Baumgardt and E. Vasiliev), *MNRAS* **505**, 5957 (2021).
7. Бобылев В.В., Байкова А.Т., Письма в Астрон. журн. **42**, 3 (2016) [V.V. Bobylev and A.T. Bajkova, *Astron. Lett.* **42**, 1 (2016)].
8. Браун и др. (Gaia Collaboration, A.G.A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, et al.), *Astron. Astrophys.* **616**, 1 (2018).
9. Браун и др. (Gaia Collaboration, A.G.A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, et al.), *Astron. Astrophys.* **649**, 1 (2021).
10. Бхаттачарджи и др. (P. Bhattacharjee, S. Chaudhury, and S. Kundu), *Astrophys. J.* **785**, 63 (2014).
11. Ван и др. (W. Wang, J. Han, M. Cautun, Z. Li, and M. Ishigaki), *SCPMA*, **63**, id.109801 (2020).
12. Васильев (E. Vasiliev), *MNRAS* **484**, 2832 (2019).
13. Васильев, Баумгардт (E. Vasiliev and H. Baumgardt), *MNRAS* **505**, 5978 (2021).
14. Иррганг и др. (A. Irrgang, B. Wilcox, E. Tucker, and L. Schiefelbein), *Astron. Astrophys.* **549**, 137 (2013).
15. Коппельман, Хелми (H.H. Koppelman and A. Helmi), *Astron. Astrophys.* **649**, Id. A136, 14 pp. (2021).
16. Массари и др. (D. Massari, H.H. Koppelman, and A. Helmi), *Astron. Astrophys.* **630**, L4 (2019).
17. Миямото, Нагаи (M. Miyamoto and R. Nagai), *PASJ* **27**, 533 (1975).
18. Наварро и др. (J.F. Navarro, C.S. Frenk, and S.D.M. White), *Astrophys. J.* **490**, 493 (1997).

19. Харрис (W. Harris), astro-ph/1012.3224 (2010).
20. Хелми и др. (Gaia Collaboration: A. Helmi, F. van Leeuwen, P.J. McMillan, et al.), *Astron. Astrophys.* **616**, 12 (2018).
21. Шонрих и др. (R. Schönrich, J. Binney, and W. Dehnen), *MNRAS* **403**, 1829 (2010).

A new catalog of orbits of 152 globular  
clusters from Gaia EDR3

A.T. Bajkova,<sup>1</sup>, V.V. Bobylev

*Central (Pulkovo) Astronomical Observatory, RAS*

This paper provides a new catalog of orbits and their parameters for a practically complete list of currently known galactic globular clusters (GCs), compiled by Vasiliev (2019) based on the most accurate modern measurements of their velocities and positions. The integration of the orbits of 152 globular clusters for 5 Gyr was performed using the new average proper motions obtained from the Gaia EDR3 catalog (Vasiliev and Baumgardt, 2021) and new average distances (Baumgardt and Vasiliev, 2021) in the axisymmetric three-component potential with spherical bulge, disk component, and spherical dark Navarro-Frank-White halo (Bajkova and Bobylev, 2016). The new orbital parameters are compared with the orbital parameters constructed by us earlier (Bajkova and Bobylev, 2021) in the same gravitational potential using proper motions obtained from the Gaia DR2 catalog (Vasiliev, 2019) and with the distances from the Harris catalog (2010).

---

<sup>1</sup>*e-mail:* bajkova@gaoran.ru

Таблица 1: Орбитальные свойства ПС. Для каждого ПС значения параметров получены в результате интегрирования на 5 млрд лет назад.

Имя ПС	$d_{GC}$ [кпк]	$\Pi$ [кпк/с]	$\Theta$ [кпк/с]	$V_{tot}$ [кпк/с]	apo [кпк]	peri [кпк]	ecc	incl. $\theta$ [град]	$T_p$ [млн.лет]	$Lz$ [кпк км/с]	$E$ [кпк <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> ]
NGC 104	7.6	6+8	191+5	196+5	7.7+0.1	5.51+0.26	0.16+0.02	28+1	116+4	1323+34	-126365+1301
NGC 288	12.3	4+1	-45+19	68+11	12.4+0.4	-0.21	0.79+0.08	121+5	142+7	-374+160	-933
NGC 362	9.7	0+15	0+15	149+8	11.9+0.5	0.08	0.99+0.07	90+11	130+4	3+65	-115903+1953
Whiting 1	35.2	-236+14	89+8	250+9	79.0+12.5	22.25+1.15	0.56+0.06	90+20	1406+243	1893+224	-119870-1943
NGC 1261	18.3	-98+8	-22+16	121+16	21.3+0.8	0.84+0.22	0.92+0.02	75+2	248+9	-289+85	-38160+3070
Pal 1	17.5	43+7	215+4	221+5	19.4+0.5	14.89+0.37	0.13+0.02	122+6	358+5	3691+48	-90868+1747
E 1	120.3	-21+35	-6+52	60+56	129.4+26.7	5.20+31.55	0.92+0.00	15+1	2140+923	-485+4161	-77319-600
Eridanus	89.8	-80+67	22+11	163+8	159.2+12.1	13.85+5.37	0.84+0.04	100+21	2900+321	1567+793	-29985+5096
Pal 2	34.3	-107+4	22+17	110+2	39.7+0.6	1.35+1.13	0.93+0.03	74+14	492+11	754+844	-25451+1362
NGC 1851	16.8	104+1	-4+5	132+4	19.9+0.5	0.17+0.12	0.98+0.01	14+15	228+5	-66+72	-64910-2083
NGC 1904	19.2	45+5	9+4	46+5	19.9+0.3	0.24+0.21	0.98+0.01	97+5	220+6	158+135	-94603+985
NGC 2298	15.2	-88+7	-14+6	112+5	16.9+0.4	0.51+0.24	0.94+0.03	68+24	188+3	-212+129	-95806+526
NGC 2419	96.0	-5+7	46+8	73+5	97.8+4.3	18.02+2.06	0.69+0.07	105+7	1690+86	4018+778	-103115-729
Pyxis	38.6	-243+4	-22+5	292+7	173.6+19.5	18.60+1.28	0.81+0.01	52+16	3310+198	-861+193	-34413+953
NGC 2808	11.6	-159+1	36+3	166+1	14.9+0.3	0.90+0.08	0.89+0.01	97+2	162+4	410+31	-23684-2006
E 3	9.2	42+17	248+12	271+13	12.4+1.6	0.90+0.30	0.15+0.07	11+2	214+17	2184+135	-110129+1092
Pal 3	98.2	-146+26	56+32	168+26	148.5+29.3	68.08+20.20	0.37+0.03	28+2	3742+106	4168+2405	-99850+3920
NGC 3201	9.0	-113+16	-297+6	351+6	24.9+2.0	8.29+0.23	0.50+0.02	74+3	438+22	-2671+92	-22356+2730
Pal 4	104.1	-2+23	2+30	49+15	108.7+5.7	4.10+8.74	0.93+0.03	152+1	354+27	-2671+92	-77493-2444
Crater	147.0	-88+50	-26+63	106+87	149.9+45.9	71.70+14.73	0.35+0.05	88+10	1712+139	91+1166	-33868+1358
NGC 4147	20.8	42+6	7+10	137+2	25.5+1.0	0.79+0.47	0.94+0.01	99+26	3854+1558	-2527+6201	-21992-13347
NGC 4372	7.3	16+6	132+4	148+5	7.3+0.2	2.96+0.16	0.42+0.03	83+7	304+13	73+104	-82528+1114
Rup 106	18.0	-243+4	90+6	261+4	36.8+3.4	4.48+0.45	0.78+0.02	27+1	98+2	959+38	-139945+1706
NGC 4590	10.4	-171+4	293+3	340+2	30.5+1.4	8.94+0.29	0.55+0.02	46+3	480+50	1585+165	-66205-3720
NGC 4833	7.2	101+11	37+8	116+11	8.0+0.3	0.64+0.16	0.85+0.01	41+2	438+22	2464+71	-69766+1722
NGC 5024	19.1	-98+4	138+6	184+4	23.0+1.5	9.15+0.51	0.43+0.02	41+1	84+4	266+57	-145170+2075
NGC 5053	18.1	-91+4	136+3	168+3	18.1+0.2	10.87+0.28	0.25+0.02	75+9	344+30	772+84	-78910-1551
NGC 5139	6.6	-63+5	-76+5	131+6	7.1+0.2	-1.01	0.25+0.03	76+0	304+5	738+25	-84327+460
NGC 5272	12.2	-38+4	142+5	199+4	15.9+0.4	1.28+0.13	0.70+0.03	1	82+5	-489+38	-147265+1628
NGC 5286	8.5	-220+2	-31+8	223+1	13.0+0.7	5.54+0.20	0.51+0.02	116+8	212+6	988+89	-98433-1193
NGC 5466	16.5	169+15	-141+11	315+9	52.9+6.9	5.93+0.81	0.80+0.03	57+1	736+76	-816+66	-53178+4606
NGC 5634	21.8	-45+15	41+10	66+7	22.2+0.8	2.29+0.43	0.81+0.02	108+2	268+9	383+91	-87537+1759
NGC 5694	29.1	-182+6	-46+10	254+12	71.0+8.8	2.81+0.99	0.92+0.01	70+4	1004+159	-1062+251	-45021+3362
IC 4499	15.7	-243+2	-74+9	262+2	29.9+1.5	6.44+0.37	0.65+0.02	134+5	406+21	-1056+130	-72415+1899
NGC 5824	25.3	-42+13	105+17	215+11	36.4+2.9	13.54+2.28	0.46+0.04	113+2	406+21	2343+412	-60920+2792
Pal 5	17.2	-52+2	138+31	148+29	17.6+1.0	7.93+3.14	0.38+0.05	58+3	576+56	962+249	-89795+6001
NGC 5897	7.4	87+13	98+15	159+19	8.8+0.4	1.94+0.32	0.64+0.04	67+3	260+44	369+110	-131407-3428
NGC 5904	6.3	-290+11	126+8	364+9	23.3+2.0	2.26+0.23	0.82+0.02	60+3	106+6	404+35	-85760+4080



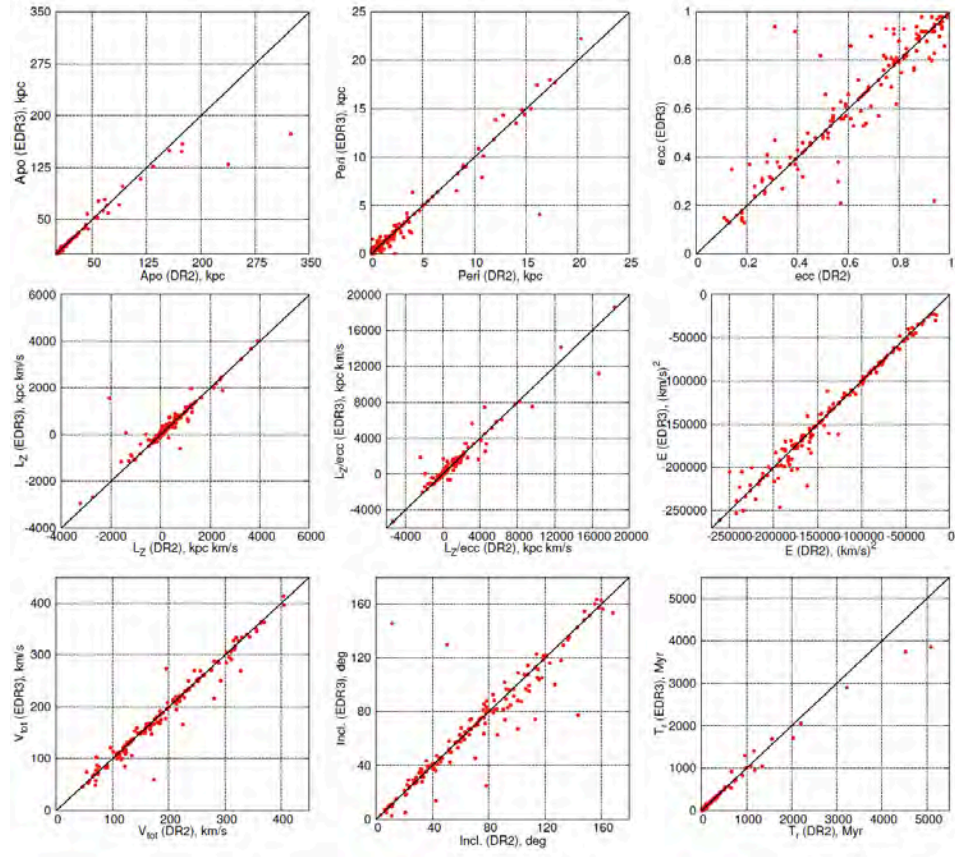
Таблица 1: Орбитальные свойства ШС. Продолжение с предыдущей страницы.

Имя ШС	$d_{GC}$ [кпк]	$\Pi$ [км/с]	$\Theta$ [км/с]	$V_{tot}$ [км/с]	apo [кпк]	peri [кпк]	ecc	incl. $\theta$ [град]	$T_r$ [млн.лет]	$L_Z$ [кпк км/с]	$E$ [кпк <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> ]
NGC 5927	4.8	-51+9	231+9	237+8	5.5+0.3	4.13+0.25	0.15+0.03	9+1	84+6	1098+66	-146878+3102
NGC 5946	5.2	19-12	7+3	100+4	5.8+0.2	0.06+0.01	0.98+0.03	86+6	56+2	37-52	-165455+1113
ESO 224-8	12.6	-44+18	257+17	261+13	16.8+3.4	11.84+0.84	0.17+0.08	7+0	290+50	3226+323	-85573+3392
NGC 5986	4.8	64+7	27+6	70+8	5.6+0.1	0.20+0.10	0.93+0.02	63+5	58+2	112+22	-167349+1141
FSR 1716	4.2	87+9	162+7	217+7	5.2+0.6	2.20+0.05	0.41+0.00	35+2	68+3	676+38	-160568+2838
Pal 14	68.5	126+9	-13+11	177+9	127.1+15.6	1.49+2.44	0.98+0.00	130+4	2058+344	-597+537	-30562+2348
BH 184	4.4	40+7	119+10	154+7	4.7+0.2	1.65+0.21	0.48+0.03	36+2	58+2	522+49	-169132+2522
NGC 6093	3.9	37+15	27+6	78+5	4.2+0.4	0.61+0.17	0.80+0.06	79+2	48+1	50+29	-173732+2111
NGC 6121	6.6	-58+1	47+9	75+7	6.8+0.1	0.62+0.17	0.83+0.03	5+1	74+1	306+58	-155030+474
NGC 6101	10.3	-24+23	-308+4	363+2	36.3+1.6	10.14+0.33	0.56+0.01	143+1	532+27	-2947+140	-63205+1597
NGC 6144	2.5	-180+60	-119+36	220+3	3.4+0.2	1.56+0.19	0.37+0.07	106+6	50+5	-146+51	-174592+1361
NGC 6139	3.5	-1+14	73+4	150+3	3.6+0.1	0.97+0.04	0.57+0.05	61+4	50+0	237+8	-178098+1677
Terzan 3	2.5	-20+28	215+6	234+6	3.1+0.3	2.33+0.20	0.14+0.00	36+3	42+2	472+32	-176378+2855
NGC 6171	3.9	-1+2	98+4	114+8	4.0+0.2	1.07+0.10	0.57+0.03	42+2	50+2	308+25	-174517+2798
ESO 452-11	2.2	-47+7	22+8	108+7	3.0+0.2	0.06+0.05	0.96+0.01	67+11	28+2	34+17	-201978+3413
NGC 6205	8.7	15+5	-28+5	84+3	8.8+0.2	0.97+0.11	0.80+0.03	108+2	102+2	-205+35	-133640+1236
NGC 6229	29.5	32+5	10+3	58+5	30.6+1.3	0.57+0.22	0.96+0.02	64+11	368+18	227+58	-75072+1590
NGC 6218	4.7	-11+4	128+6	154+6	4.9+0.2	2.08+0.16	0.40+0.03	40+2	64+2	524+42	-159771+1519
FSR 1735	3.2	-96+6	35+14	166+5	4.2+0.3	0.21+0.11	0.90+0.06	74+6	42+0	114+42	-183293+920
NGC 6235	4.3	159+7	213+20	269+18	7.2+0.9	3.13+0.34	0.39+0.01	50+5	98+15	705+138	-137634+8529
NGC 6254	4.5	-91+4	118+7	157+5	4.8+0.2	1.78+0.15	0.46+0.03	43+2	74+1	470+31	-162398+2162
NGC 6256	2.0	-49+34	191+16	208+6	2.4+0.1	1.53+0.48	0.22+0.12	25+3	36+9	375+74	-196767+6208
Pal 15	37.2	155+9	-1+13	162+9	52.9+3.3	1.30+0.97	0.95+0.02	92+16	700+53	-38+403	-54264+1993
NGC 6266	2.3	48+8	127+7	150+6	2.7+0.3	0.84+0.18	0.53+0.03	28+2	36+6	267+45	-199401+6501
NGC 6273	1.5	-245+83	-88+82	312+5	3.5+0.4	0.85+0.13	0.61+0.02	95+16	44+6	-40+132	-177863+2069
NGC 6284	6.2	14+3	-21+15	108+3	6.4+0.6	0.51+0.10	0.85+0.06	102+6	76+2	-120+85	-151350+4526
NGC 6287	1.6	302+113	77+56	317+4	4.4+0.8	0.48+0.04	0.81+0.03	85+5	52+8	40+48	-170400+7687
NGC 6293	1.6	-162+84	-68+129	232+7	3.2+0.5	0.13+0.31	0.92+0.06	118+13	34+3	-60+63	-197379+5832
NGC 6304	2.3	75+6	189+5	217+3	3.1+0.4	1.58+0.26	0.32+0.02	22+1	48+6	422+67	-187732+6888
NGC 6316	3.0	103+7	79+13	159+12	3.9+0.6	0.72+0.34	0.69+0.10	37+5	46+6	225+61	-182890+7139
NGC 6341	9.9	48+2	11+3	110+6	10.8+0.3	0.45+0.13	0.92+0.01	81+4	16+4	99+34	-124522+972
NGC 6325	1.4	-65+7	-168+23	195+22	1.4+0.3	1.04+0.17	0.14+0.15	123+7	12+3	-143+68	-212303+7398
NGC 6333	1.8	55+60	351+33	362+2	6.4+0.4	0.88+0.18	0.76+0.03	63+2	74+6	284+155	-151776+352
NGC 6342	1.6	-102+15	125+14	163+5	1.8+0.3	0.63+0.11	0.47+0.15	64+2	30+3	100+97	-209213+3767
NGC 6356	7.8	47+8	117+21	167+14	8.5+0.9	2.96+0.78	0.48+0.10	41+5	114+13	846+177	-131325+5976
NGC 6355	0.9	-218+37	-89+34	273+4	1.4+0.7	0.64+0.15	0.38+0.08	97+3	20+5	-29+35	-216289+3491
NGC 6352	3.6	44+10	226+6	230+6	4.2+0.3	3.19+0.15	0.13+0.03	11+1	70+2	802+49	-163337+3190
IC 1257	19.2	-51+7	-23+18	58+3	20.0+2.0	0.75+0.33	0.93+0.03	157+13	224+20	-407+272	-95179+1696



Таблица 1: Орбитальные свойства ШС. Продолжение с предыдущей страницы.

Имя ШС	$d_{GC}$ [кпк]	II [км/с]	$\Theta$ [км/с]	$V_{tot}$ [км/с]	apo [кпк]	peri [кпк]	ecc	incl. $\theta$ [град]	$T_p$ [млн.лет]	$LZ$ [кпк км/с]	$E$ [км <sup>2</sup> /с <sup>2</sup> ]
Terzan 12	3.3	-94 <sup>+5</sup>	160 <sup>+8</sup>	211 <sup>+6</sup>	4.0 <sup>+0.3</sup>	1.87 <sup>+0.15</sup>	0.36 <sup>+0.02</sup>	31 <sup>+2</sup>	54 <sup>+5</sup>	524 <sup>+45</sup>	-174529 <sup>+3905</sup>
NGC 6569	2.5	-40 <sup>+4</sup>	164 <sup>+25</sup>	170 <sup>+24</sup>	2.6 <sup>+0.4</sup>	1.46 <sup>+0.23</sup>	0.28 <sup>+0.05</sup>	29 <sup>+10</sup>	46 <sup>+7</sup>	354 <sup>+95</sup>	-189983 <sup>+4800</sup>
ESO 456-78	2.3	62 <sup>+4</sup>	203 <sup>+25</sup>	249 <sup>+24</sup>	3.2 <sup>+0.3</sup>	1.81 <sup>+0.26</sup>	0.27 <sup>+0.04</sup>	32 <sup>+2</sup>	58 <sup>+8</sup>	458 <sup>+64</sup>	-180481 <sup>+5218</sup>
NGC 6584	6.9	198 <sup>+12</sup>	105 <sup>+29</sup>	327 <sup>+12</sup>	18.6 <sup>+2.5</sup>	1.79 <sup>+0.77</sup>	0.82 <sup>+0.03</sup>	50 <sup>+3</sup>	220 <sup>+34</sup>	603 <sup>+231</sup>	-96417 <sup>+6158</sup>
NGC 6624	1.2	-23 <sup>+4</sup>	60 <sup>+4</sup>	138 <sup>+5</sup>	1.7 <sup>+0.1</sup>	0.08 <sup>+0.10</sup>	0.91 <sup>+0.05</sup>	74 <sup>+2</sup>	20 <sup>+4</sup>	32 <sup>+6</sup>	-227013 <sup>+2970</sup>
NGC 6626	3.1	-27 <sup>+4</sup>	61 <sup>+12</sup>	113 <sup>+7</sup>	3.2 <sup>+0.3</sup>	0.49 <sup>+0.11</sup>	0.73 <sup>+0.08</sup>	58 <sup>+3</sup>	44 <sup>+2</sup>	190 <sup>+32</sup>	-191218 <sup>+2777</sup>
NGC 6638	2.2	64 <sup>+9</sup>	10 <sup>+13</sup>	70 <sup>+6</sup>	2.7 <sup>+1.46</sup>	0.04 <sup>+0.06</sup>	0.97 <sup>+0.01</sup>	81 <sup>+13</sup>	24 <sup>+7</sup>	20 <sup>+18</sup>	-206839 <sup>+8133</sup>
NGC 6637	1.7	43 <sup>+20</sup>	89 <sup>+9</sup>	128 <sup>+6</sup>	2.4 <sup>+0.2</sup>	0.12 <sup>+0.10</sup>	0.91 <sup>+0.09</sup>	75 <sup>+11</sup>	22 <sup>+3</sup>	192 <sup>+12</sup>	-211371 <sup>+1668</sup>
NGC 6642	1.7	112 <sup>+6</sup>	29 <sup>+24</sup>	126 <sup>+8</sup>	2.2 <sup>+5.68</sup>	0.09 <sup>+0.13</sup>	0.92 <sup>+0.04</sup>	43 <sup>+58</sup>	22 <sup>+0</sup>	47 <sup>+37</sup>	-215290 <sup>+4209</sup>
NGC 6652	2.1	-55 <sup>+12</sup>	10 <sup>+5</sup>	175 <sup>+9</sup>	3.6 <sup>+3.98</sup>	0.03 <sup>+0.08</sup>	0.98 <sup>+0.01</sup>	81 <sup>+11</sup>	32 <sup>+5</sup>	10 <sup>+21</sup>	-192830 <sup>+7671</sup>
NGC 6656	5.1	177 <sup>+2</sup>	199 <sup>+1</sup>	305 <sup>+4</sup>	9.8 <sup>+0.4</sup>	2.99 <sup>+0.09</sup>	0.53 <sup>+0.01</sup>	34 <sup>+3</sup>	124 <sup>+6</sup>	1013 <sup>+33</sup>	-125755 <sup>+1764</sup>
Pal 8	4.0	-17 <sup>+13</sup>	78 <sup>+11</sup>	85 <sup>+15</sup>	4.2 <sup>+0.2</sup>	0.87 <sup>+0.11</sup>	0.66 <sup>+0.05</sup>	29 <sup>+3</sup>	52 <sup>+1</sup>	295 <sup>+39</sup>	-178566 <sup>+2806</sup>
NGC 6681	2.2	223 <sup>+45</sup>	9 <sup>+8</sup>	287 <sup>+4</sup>	5.0 <sup>+0.5</sup>	0.48 <sup>+0.27</sup>	0.82 <sup>+0.07</sup>	88 <sup>+3</sup>	56 <sup>+3</sup>	8 <sup>+4</sup>	-163960 <sup>+3432</sup>
NGC 6712	3.6	141 <sup>+4</sup>	5 <sup>+10</sup>	213 <sup>+6</sup>	5.6 <sup>+0.3</sup>	0.07 <sup>+0.05</sup>	0.98 <sup>+0.01</sup>	88 <sup>+3</sup>	58 <sup>+4</sup>	18 <sup>+25</sup>	-168037 <sup>+3850</sup>
NGC 6715	18.4	231 <sup>+3</sup>	48 <sup>+13</sup>	311 <sup>+5</sup>	51.8 <sup>+8.7</sup>	14.41 <sup>+0.76</sup>	0.56 <sup>+0.04</sup>	80 <sup>+3</sup>	826 <sup>+231</sup>	836 <sup>+231</sup>	-50574 <sup>+3696</sup>
NGC 6717	2.4	-1 <sup>+18</sup>	111 <sup>+2</sup>	114 <sup>+5</sup>	2.7 <sup>+0.2</sup>	0.64 <sup>+0.05</sup>	0.62 <sup>+0.03</sup>	37 <sup>+5</sup>	32 <sup>+0</sup>	220 <sup>+23</sup>	-197801 <sup>+1664</sup>
NGC 6723	2.5	105 <sup>+15</sup>	180 <sup>+17</sup>	211 <sup>+4</sup>	3.1 <sup>+0.1</sup>	1.68 <sup>+0.10</sup>	0.30 <sup>+0.02</sup>	82 <sup>+7</sup>	42 <sup>+1</sup>	73 <sup>+57</sup>	-176770 <sup>+3157</sup>
NGC 6749	5.0	-20 <sup>+10</sup>	107 <sup>+5</sup>	109 <sup>+5</sup>	5.0 <sup>+0.3</sup>	1.47 <sup>+0.13</sup>	0.55 <sup>+0.04</sup>	3 <sup>+0</sup>	62 <sup>+4</sup>	532 <sup>+39</sup>	-168249 <sup>+3149</sup>
NGC 6752	5.4	-25 <sup>+4</sup>	177 <sup>+5</sup>	188 <sup>+5</sup>	0.1 <sup>+0.1</sup>	3.46 <sup>+0.11</sup>	0.24 <sup>+0.03</sup>	24 <sup>+1</sup>	80 <sup>+1</sup>	903 <sup>+39</sup>	-148003 <sup>+1778</sup>
NGC 6760	5.2	101 <sup>+9</sup>	132 <sup>+6</sup>	167 <sup>+6</sup>	5.9 <sup>+0.1</sup>	1.94 <sup>+0.11</sup>	0.50 <sup>+0.04</sup>	7 <sup>+1</sup>	74 <sup>+0</sup>	684 <sup>+24</sup>	-157039 <sup>+1094</sup>
NGC 6779	9.9	153 <sup>+1</sup>	-30 <sup>+7</sup>	192 <sup>+4</sup>	13.2 <sup>+0.7</sup>	0.71 <sup>+0.21</sup>	0.90 <sup>+0.02</sup>	0	150 <sup>+8</sup>	-294 <sup>+70</sup>	-114425 <sup>+2707</sup>
Terzan 7	16.7	264 <sup>+2</sup>	49 <sup>+21</sup>	333 <sup>+8</sup>	58.0 <sup>+9.8</sup>	14.34 <sup>+1.23</sup>	0.60 <sup>+0.03</sup>	82 <sup>+3</sup>	924 <sup>+96</sup>	717 <sup>+137</sup>	-47611 <sup>+5710</sup>
Pal 10	7.7	-89 <sup>+11</sup>	258 <sup>+12</sup>	274 <sup>+12</sup>	11.0 <sup>+1.0</sup>	6.40 <sup>+0.38</sup>	0.26 <sup>+0.04</sup>	8 <sup>+0</sup>	164 <sup>+14</sup>	1969 <sup>+126</sup>	-111517 <sup>+3464</sup>
Арт 2	21.3	242 <sup>+5</sup>	62 <sup>+20</sup>	307 <sup>+7</sup>	62.7 <sup>+7.8</sup>	17.69 <sup>+1.00</sup>	0.56 <sup>+0.02</sup>	79 <sup>+2</sup>	1050 <sup>+146</sup>	1158 <sup>+342</sup>	-44573 <sup>+2651</sup>
NGC 6809	4.1	-199 <sup>+3</sup>	77 <sup>+12</sup>	220 <sup>+2</sup>	5.8 <sup>+0.3</sup>	1.18 <sup>+0.14</sup>	0.66 <sup>+0.02</sup>	67 <sup>+4</sup>	76 <sup>+3</sup>	270 <sup>+52</sup>	-154177 <sup>+2894</sup>
Terzan 8	20.3	273 <sup>+9</sup>	54 <sup>+12</sup>	328 <sup>+7</sup>	76.9 <sup>+11.2</sup>	17.48 <sup>+0.63</sup>	0.63 <sup>+0.03</sup>	82 <sup>+2</sup>	1294 <sup>+213</sup>	901 <sup>+194</sup>	-39796 <sup>+3225</sup>
Pal 11	8.7	-20 <sup>+13</sup>	152 <sup>+13</sup>	153 <sup>+14</sup>	8.7 <sup>+0.4</sup>	4.20 <sup>+0.56</sup>	0.35 <sup>+0.03</sup>	27 <sup>+2</sup>	122 <sup>+8</sup>	1183 <sup>+121</sup>	-126706 <sup>+3222</sup>
NGC 6838	7.0	38 <sup>+5</sup>	204 <sup>+1</sup>	211 <sup>+2</sup>	7.3 <sup>+0.2</sup>	5.00 <sup>+0.11</sup>	0.18 <sup>+0.02</sup>	12 <sup>+0</sup>	110 <sup>+4</sup>	1422 <sup>+24</sup>	-132368 <sup>+896</sup>
NGC 6864	14.2	-96 <sup>+11</sup>	15 <sup>+11</sup>	111 <sup>+6</sup>	16.0 <sup>+0.8</sup>	0.41 <sup>+0.31</sup>	0.95 <sup>+0.03</sup>	62 <sup>+17</sup>	180 <sup>+7</sup>	169 <sup>+114</sup>	-104981 <sup>+1664</sup>
NGC 6934	12.8	-291 <sup>+15</sup>	109 <sup>+18</sup>	334 <sup>+7</sup>	42.7 <sup>+3.0</sup>	2.69 <sup>+0.24</sup>	0.88 <sup>+0.02</sup>	23 <sup>+1</sup>	548 <sup>+16</sup>	1280 <sup>+229</sup>	-61660 <sup>+2704</sup>
NGC 6981	12.5	-154 <sup>+14</sup>	6 <sup>+11</sup>	231 <sup>+10</sup>	21.8 <sup>+1.7</sup>	4.21 <sup>+0.60</sup>	0.96 <sup>+0.03</sup>	114 <sup>+9</sup>	244 <sup>+25</sup>	106 <sup>+100</sup>	-90804 <sup>+1361</sup>
NGC 7006	36.6	-142 <sup>+6</sup>	-2 <sup>+8</sup>	168 <sup>+4</sup>	53.2 <sup>+4.0</sup>	0.42 <sup>+0.27</sup>	0.92 <sup>+0.03</sup>	130 <sup>+3</sup>	708 <sup>+66</sup>	-909 <sup>+73</sup>	-50373 <sup>+1536</sup>
NGC 7078	10.8	5 <sup>+8</sup>	121 <sup>+7</sup>	125 <sup>+7</sup>	10.9 <sup>+0.8</sup>	3.77 <sup>+0.35</sup>	0.48 <sup>+0.02</sup>	29 <sup>+2</sup>	144 <sup>+7</sup>	1166 <sup>+46</sup>	-118429 <sup>+1196</sup>
NGC 7089	10.6	167 <sup>+7</sup>	-20 <sup>+7</sup>	241 <sup>+9</sup>	18.9 <sup>+1.1</sup>	0.59 <sup>+0.00</sup>	0.94 <sup>+0.03</sup>	119 <sup>+11</sup>	214 <sup>+9</sup>	-158 <sup>+88</sup>	-97367 <sup>+2754</sup>
NGC 7099	7.4	-48 <sup>+14</sup>	-60 <sup>+17</sup>	132 <sup>+11</sup>	8.5 <sup>+0.3</sup>	1.00 <sup>+0.06</sup>	0.79 <sup>+0.06</sup>	122 <sup>+2</sup>	98 <sup>+3</sup>	-245 <sup>+71</sup>	-135445 <sup>+1865</sup>
Pal 12	15.2	137 <sup>+24</sup>	298 <sup>+18</sup>	346 <sup>+13</sup>	58.9 <sup>+1.2</sup>	15.01 <sup>+0.31</sup>	0.59 <sup>+0.01</sup>	67 <sup>+1</sup>	948 <sup>+195</sup>	2020 <sup>+105</sup>	-46965 <sup>+1998</sup>
Pal 13	24.6	266 <sup>+6</sup>	-62 <sup>+18</sup>	284 <sup>+6</sup>	71.2 <sup>+4.1</sup>	6.53 <sup>+0.61</sup>	0.83 <sup>+0.01</sup>	112 <sup>+5</sup>	1044 <sup>+77</sup>	-1156 <sup>+197</sup>	-44251 <sup>+1639</sup>
NGC 7492	23.6	-70 <sup>+12</sup>	-11 <sup>+5</sup>	101 <sup>+8</sup>	26.1 <sup>+1.4</sup>	1.73 <sup>+0.59</sup>	0.88 <sup>+0.04</sup>	96 <sup>+3</sup>	314 <sup>+27</sup>	-97 <sup>+43</sup>	-81114 <sup>+2319</sup>



**Рис. 4:** Сравнение параметров орбит ШС ( $apo$ ,  $peri$ ,  $ecc$ ,  $L_z$ ,  $L_z/ecc$ ,  $E$ ,  $V_{tot}$ ,  $\theta$ ,  $T_r$ ), полученных по каталогу DR2 (горизонтальная ось) и каталогу EDR3 (вертикальная ось). На каждой панели нанесена линия совпадения.

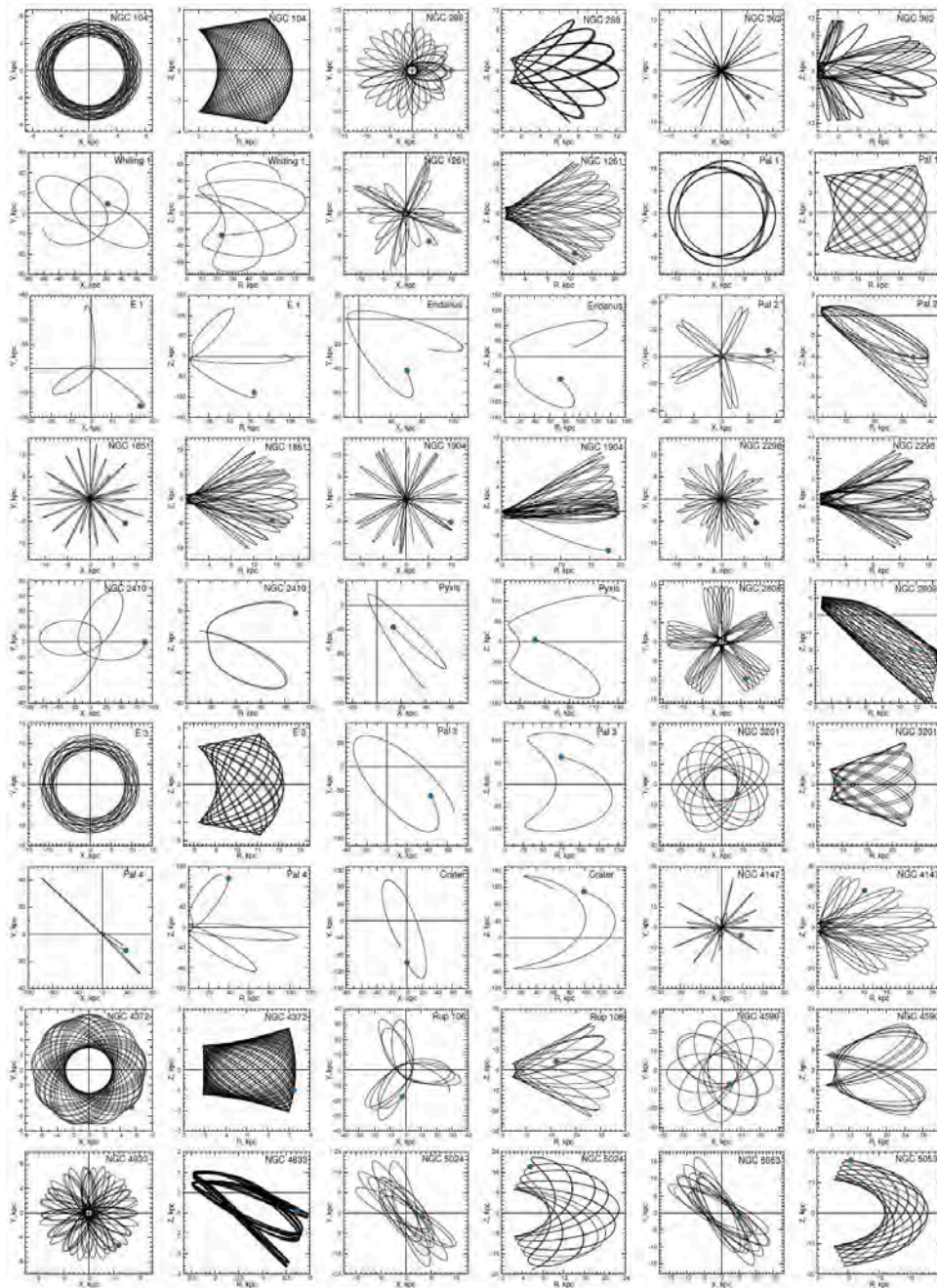


Рис. 5: Орбиты ШС галактики Млечный Путь. Синим кружочком отмечено начало орбиты.

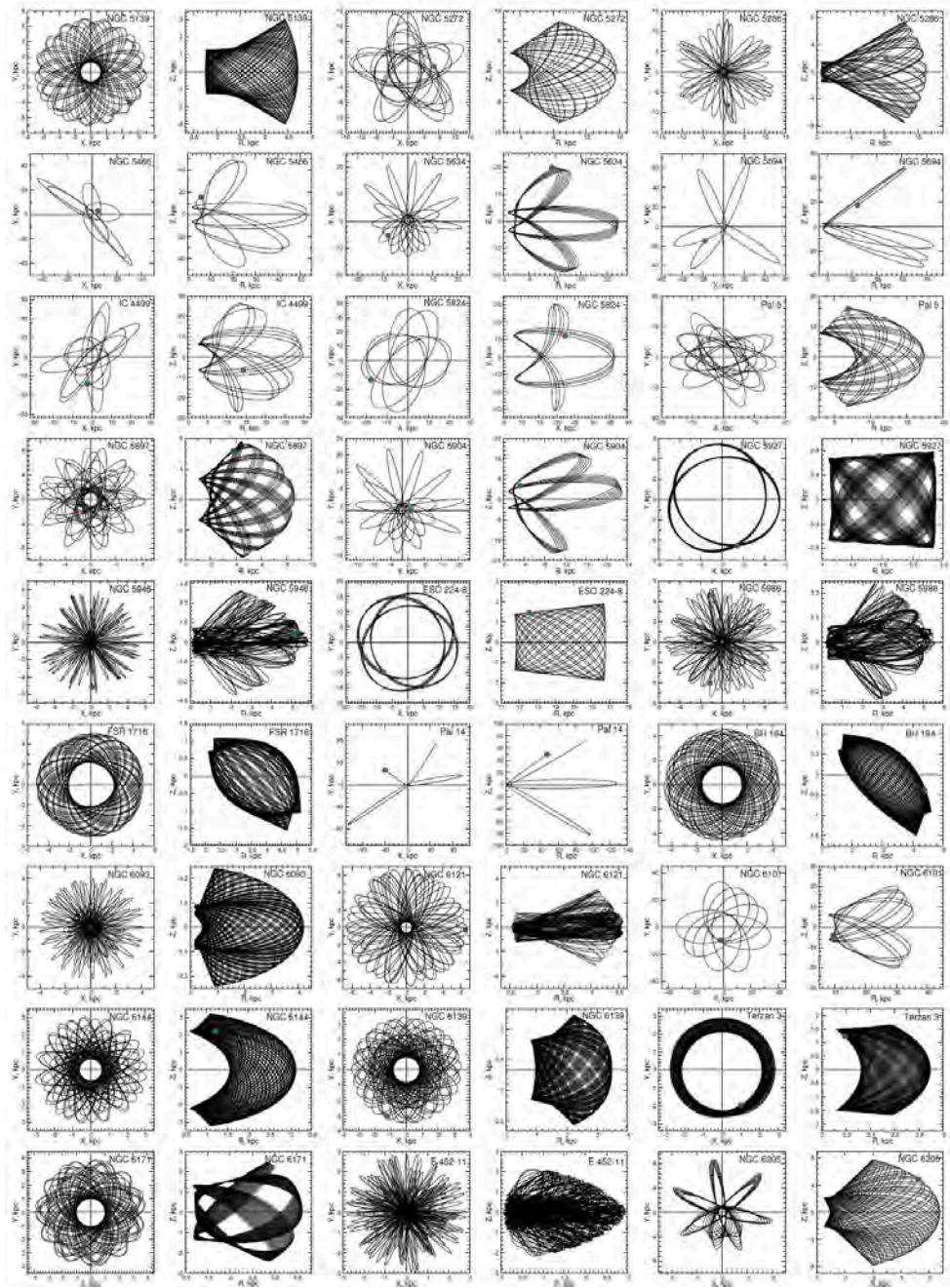


Рисунок 5: Продолжение

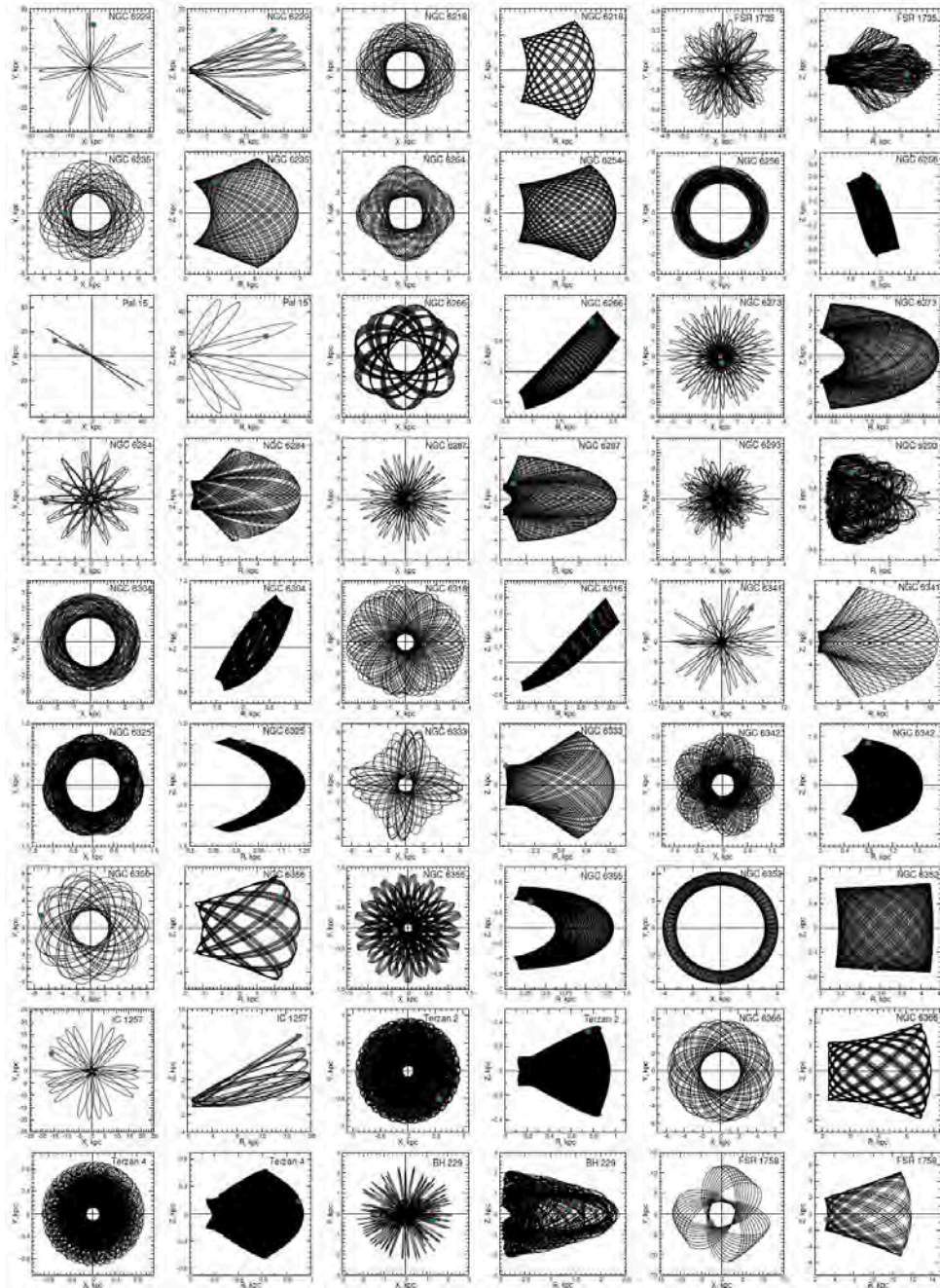


Рисунок 5: Продолжение

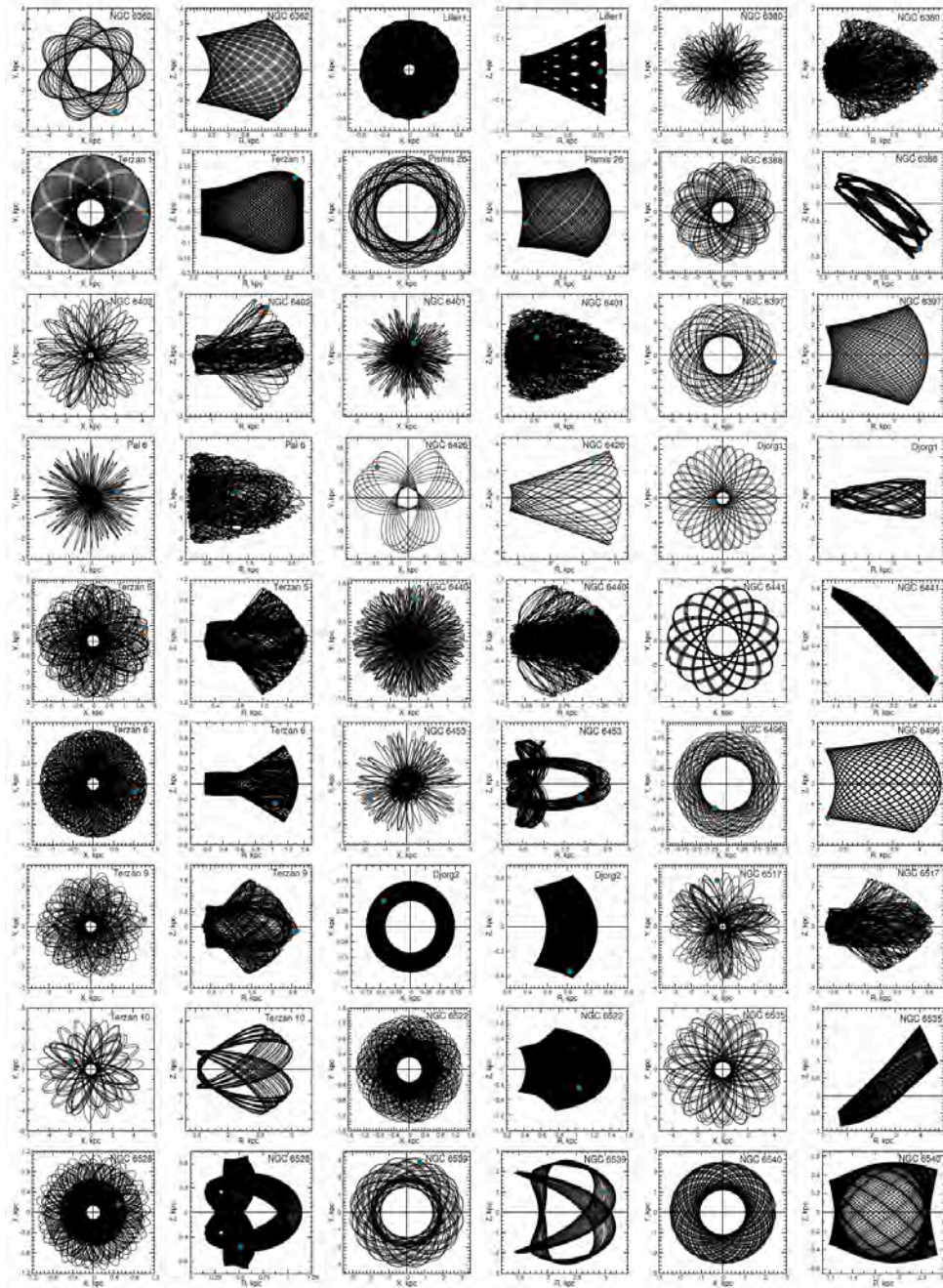


Рисунок 5: Продолжение



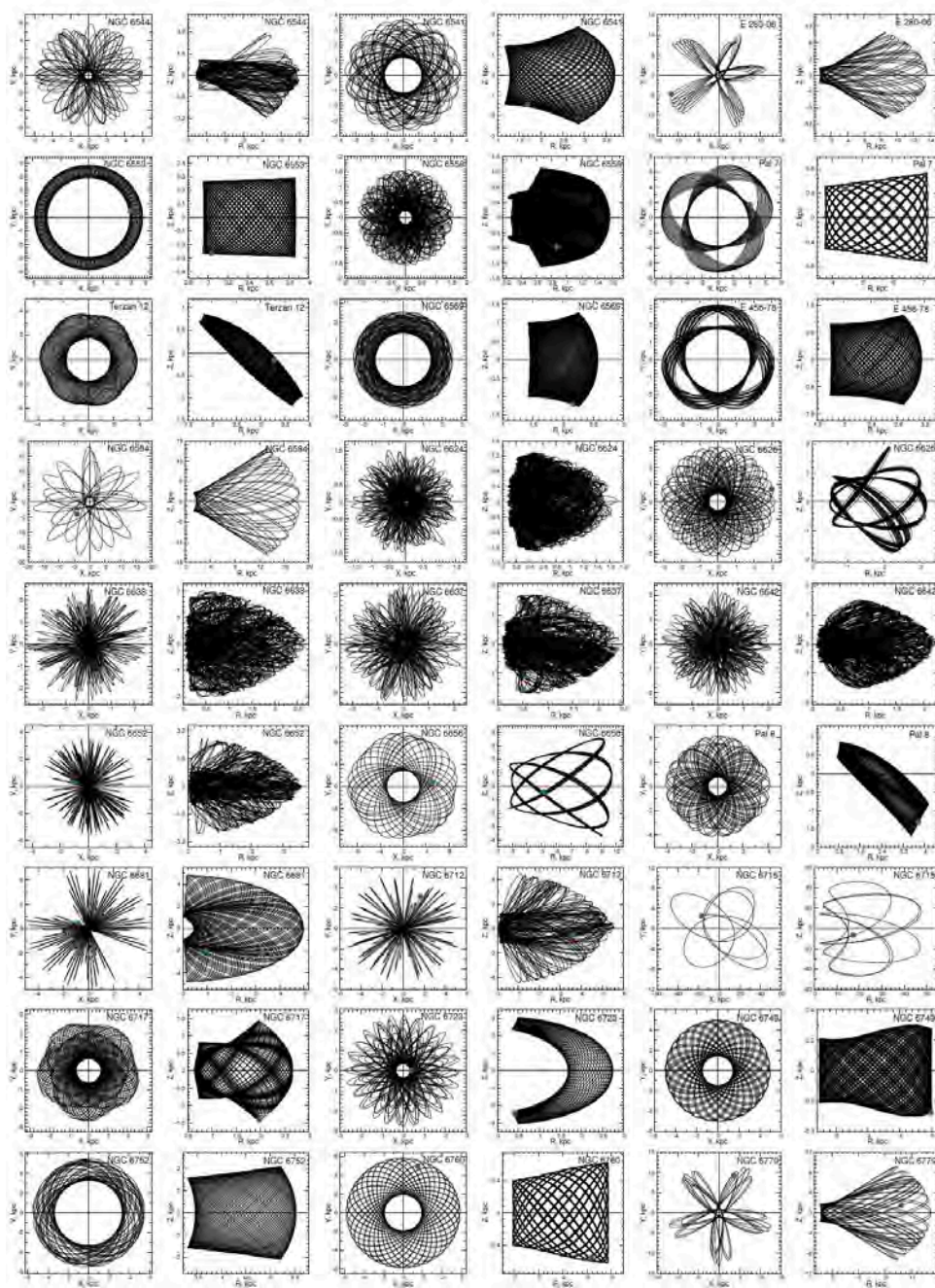


Рисунок 5: Продолжение

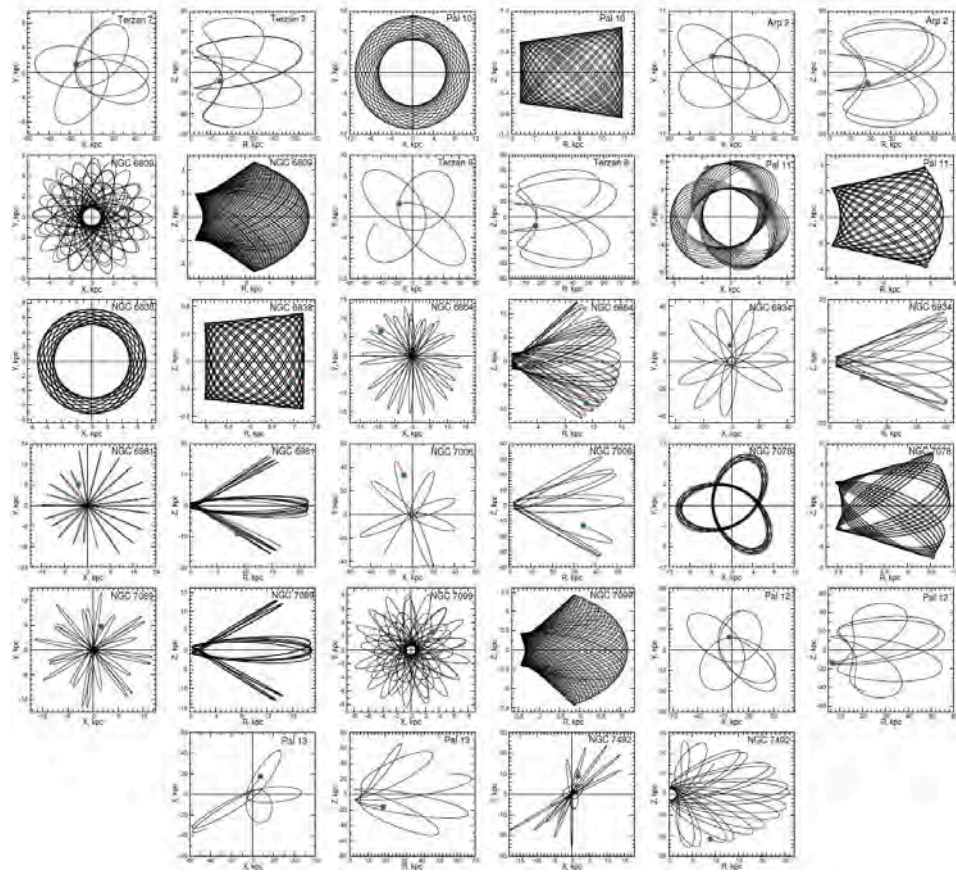


Рисунок 5: Продолжение