

АСТРОНОМИЯ

УДК 523-52: 524.3-54: 524.3-59

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ОРБИТ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ И ТРАНСНЕПТУНОВЫХ ОБЪЕКТОВ В ЭПОХУ КРАСНОГО ГИГАНТА СОЛНЦА

Ю. П. Филиппов, П. С. Пивоваров

В настоящей работе выполнен количественный анализ эволюции орбит планет-гигантов и некоторых транснептуновых объектов в эпоху красного гиганта Солнца в приближении круговых и эллиптических орбит. Рассматриваются явные аналитические зависимости кеплеровых элементов орбит указанных небесных тел от относительного изменения массы Солнца (β_{\odot}). С использованием полученных результатов вычислены значения кеплеровых элементов орбит данных тел на начала четырех эпох жизненного цикла Солнца. Показано, что к началу стадии белого карлика имеют шанс на существование в Солнечной системе лишь планеты-гиганты и два крупных транснептуновых объекта: Кварвар и Варуна, остальные небесные тела покинут Солнечную систему.

Ключевые слова: Солнечная система, Красный гигант, эволюция орбиты, транснептуновый объект, карликовая планета.

Как известно, ближайшей к нам звездой, основным силовым центром и главным источником энергии Солнечной системы является **Солнце**. Как и любая физическая система, данное тело в своей эволюции претерпевает ряд значимых стадий (эпох). Кратко их охарактеризуем.

Солнце последние 4,57 млрд лет находится в стадии *желтого карлика* [1], что озаменовано непрерывными термоядерными реакциями горения водорода в ядре Солнца.

Спустя 7,2 млрд лет (от настоящего времени) Солнце перейдет в стадию *оранжевого субгиганта* [2, 3]. На данной стадии завершатся термоядерные реакции горения остатков водорода в ядре, его внешняя оболочка будет расширяться, а ядро – сжиматься и нагреваться. Диаметр и светимость Солнца увеличатся, а эффективная температура поверхности упадет.

Через 7,6–7,8 млрд лет начнется процесс горения водорода в оболочке, окружающей солнечное ядро, что ознаменует начало стадии *красного гиганта* Солнца. Звезда резко увеличит свои размеры и светимость. К этому моменту она уже потеряет значительную часть своей настоящей массы (в силу значительных потоков солнечного ветра).

Спустя еще 130 млн лет завершится процесс горения гелия в солнечном ядре, что ознаменует начало стадии *вторичного расширения красного гиганта* Солнца. На данной стадии повторно увеличатся размеры и светимость Солнца.

Заключительная стадия эволюции Солнца – *стадия белого карлика*. На данном этапе Солнце сбросит внешнюю конвективную оболочку, из которой образуется расширяющаяся планетарная туманность. В центре этой туманности останется сформированный из ядра Солнца белый карлик – очень горячий и плотный объект, размером с Землю, который в течение многих миллиардов лет будет постепенно остывать и угасать. Вся история эволюции Солнца займет период времени, равный 12,4 млрд лет.

В ходе эволюции Солнца, его масса непрерывно уменьшается, что должно приво-

© Филиппов Ю. П., Пивоваров П. С., 2015.

Филиппов Юрий Петрович

(yurphil@mail.ru),

старший преподаватель

кафедры общей и теоретической физики

Самарского государственного университета,

443011, Россия, г. Самара, ул. Академика Павлова, 1;

Пивоваров Павел Сергеевич

(Zond2010@mail.ru),

ученик XI класса Самарского областного лицея,

443016, Россия, г. Самара, ул. Черемшанская, 70.

дуть к изменению орбит всех тел Солнечной системы [4]. Нами ранее [5] был представлен детальный количественный анализ эволюции орбит планет земной группы и астероидов главного пояса от настоящего момента до стадии белого карлика включительно. Показано, что к началу заключительной стадии из всех планет земной группы имеют шанс на существование в Солнечной системе лишь Земля и Венера. Остальные небесные тела либо покинут Солнечную систему, либо будут уничтожены Солнцем.

Количественный анализ эволюции орбит планет-гигантов и транснептуновых объектов (ТНО) был выполнен Сакман [2] и Шродер [3] с коллегами лишь в приближении круговых орбит и при условии сохранения момента количества движения. Мы же уже показывали, что данное приближение является весьма грубым, исключаяющим вариант потери планет Солнечной системой [5].

В этой связи целью настоящей работы является выполнение количественного анализа эволюции орбит планет-гигантов и крупных ТНО в эпоху красного гиганта Солнца в *приближении эллиптических орбит*.

1. Эволюция орбит тел в приближении нулевого эксцентриситета

Рассмотрим движение планеты с массой \mathcal{M}_p в гравитационном поле Солнца с массой \mathcal{M}_\odot , которые далее будем представлять материальными точками. Следовательно, для планеты справедлив второй закон Ньютона:

$$\mathcal{M}_p \ddot{\vec{r}}_p = -\frac{G \mathcal{M}_p \mathcal{M}_\odot}{r_p^3} \vec{r}_p, \Rightarrow \ddot{\vec{r}}_p = -\frac{G \mathcal{M}_\odot}{r_p^3} \vec{r}_p, \quad (1.1)$$

здесь \vec{r}_p – гелиоцентрический радиус-вектор планеты,

r_p – его модуль,

$G = 6,67384(80) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная постоянная.

Далее рассмотрим частный случай – *случай круговой орбиты* (когда эксцентриситет орбиты $\varepsilon = 0$). Согласно работе [5], радиус r_p круговой орбиты планеты можно представить в виде:

$$r_p = \frac{1}{G \mathcal{M}_\odot} \left(\frac{L}{\mathcal{M}_p} \right)^2. \quad (1.2)$$

Заметим, что с изменением массы Солнца на стадии красного гиганта остаются неизменными масса планеты \mathcal{M}_p (ее изменением можно пренебречь) и ее момент количества движения (МКД) – L . Изменение МКД возможно, если только на планету будет действовать нецентральная сила, которая будет создавать ненулевой момент, или будет изменяться масса планеты. Данные процессы в рамках настоящей работы не рассматриваются.

Полагая, что $r_p^{(0)}$ и $\mathcal{M}_\odot^{(0)}$ – радиус орбиты планеты и масса Солнца в данный момент времени, а r_p , \mathcal{M}_\odot – те же параметры в будущий момент времени t , можно записать выражение для радиуса r_p орбиты планеты в виде:

$$r_p = r_p^{(0)} \left(\frac{\mathcal{M}_\odot^{(0)}}{\mathcal{M}_\odot} \right). \quad (1.3)$$

Далее воспользуемся *относительным изменением массы Солнца* (β), определяемым выражением вида [5]:

$$\beta_\odot = \frac{(\mathcal{M}_\odot^{(0)} - \mathcal{M}_\odot)}{\mathcal{M}_\odot^{(0)}} \cdot 100\%, \Rightarrow \frac{\mathcal{M}_\odot}{\mathcal{M}_\odot^{(0)}} = \left(1 - \frac{\beta_\odot}{100\%} \right). \quad (1.4)$$

Следовательно, радиус орбиты есть

$$r_p = r_p^{(0)} \left(1 - \frac{\beta_\odot}{100\%} \right)^{-1}. \quad (1.5)$$

Используя модель эволюции Солнца, предложенную в работе Шродера с соавторами [3], были вычислены радиусы орбит планет-гигантов и некоторых ТНО. Численные результаты представлены в табл. 1 и полностью согласуются с результатами работ коллективов ученых под руководством Сакмана и Шродера [2, 3]. Из табл. 1 видно, что уже на стадии первичного расширения Солнца – красного гиганта, орбиты всех тел увеличатся в 1,49 раза, на стадии вторичного расширения – в 1,83 раза, а на стадии белого карлика – в 1,85 раза по сравнению с настоящими значениями. Но главное – ни одно из рассматриваемых тел согласно выбранному приближению не способно покинуть Солнечную систему.

Таблица 1

Параметры Солнца и радиусы круговых орбит планет-гигантов, планет-карликов и некоторых транснептуновых объектов в разные периоды эволюции Солнца

Показатель	Возраст, млрд лет			
	4,58 (настоящее время)	12,17 (стадия красного гиганта Солнца)	12,30 (стадия вторичного расширения Солнца)	12,38 (стадия белого карлика Солнца)
$m_{\odot}/m_{\odot}^{(0)}$	1,000	0,668	0,546	0,541
$\beta_{\odot}, \%$	00,0	33,2	45,4	45,95
$R_{\odot}/R_{\odot}^{(0)}$	1	256	149	$\leq 0,1$
$R_{\odot}, \text{a.e.}$	0,00465	1,19	0,69	0,000465
Планеты-гиганты				
Радиус орбиты Юпитера, а.е.	5,20427	7,79082	9,53162	9,62862
Радиус орбиты Сатурна, а.е.	9,58202	14,3443	17,5495	17,7281
Радиус орбиты Урана, а.е.	19,1893	28,7264	35,1452	35,5028
Радиус орбиты Нептуна, а.е.	30,0709	45,0163	55,0749	55,6353
Планеты-карлики				
Радиус орбиты Плутона, а.е.	39,4817	59,1043	72,3108	73,0466
Радиус орбиты Эриды, а.е.	68,0474	101,867	124,629	125,897
Радиус орбиты Макемаке, а.е.	45,7146	68,4351	83,7264	84,5784
Радиус орбиты Хаумеа, а.е.	43,2176	64,6970	79,1531	79,9585
Транснептуновые малые тела				
Радиус орбиты 2007 OR10, а.е.	66,8473	100,071	122,431	123,677
Радиус орбиты Квавара, а.е.	43,2586	64,7585	79,2283	80,0345
Радиус орбиты Орка, а.е.	39,4597	59,0715	72,2706	73,0060
Радиус орбиты 2002 AW197, а.е.	47,5075	71,1190	87,0100	87,8954
Радиус орбиты Варуны, а.е.	43,1939	64,6615	79,1097	79,9147
Радиус орбиты Иксиона, а.е.	39,4200	59,0120	72,1978	72,9325
Радиус орбиты 2002 UX25, а.е.	42,7210	63,9536	78,2435	79,0397

2. Эволюция эллиптических орбит планет-гигантов и транснептуновых объектов

В предыдущем параграфе был рассмотрен вопрос эволюции орбит тел внешней части Солнечной системы в приближении круговых орбит. Однако рассмотренный подход является ограниченным, поскольку не учитывает характер движения тела, который определяется его полной механической энергией. Ранее нами была подробно рассмотрена задача об определении большой полуоси и эксцентриситета орбиты произвольного тела Солнечной системы, как функции параметра β_{\odot} [5]. Здесь приведем лишь сводку основных полученных результатов, необходимых для решения настоящей задачи.

Важным параметром для планеты Солнечной системы является *критическая масса Солнца* ($m_{\odot}^{(c)}$) – это значение массы Солнца, при котором полная механическая энергия планеты в гравитационном поле центральной звезды равна нулю, и она навсегда покидает (из перигелия) Солнечную систему, приобретая статус *блуждающей планеты*.

$$m_{\odot}^{(c)} = \frac{1}{2} m_{\odot}^{(0)} (1 + \epsilon^{(0)}). \quad (2.1)$$

Очевидно, что чем больше настоящий эксцентриситет ($\epsilon^{(0)}$) орбиты, тем больше критическая масса $m_{\odot}^{(c)}$ Солнца. Следовательно, Солнечную систему, прежде всего, должны покидать тела с большими эксцен-

трисетями. Соответствующее критическое значение параметра $\beta_{\odot}^{(c)}$ представляется в виде:

$$\beta_{\odot}^{(c)} = \frac{1}{2}(1 - \varepsilon^{(0)}) \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

Большая полуось и эксцентриситет орбиты планеты представляются в виде:

$$a = a^{(0)} \frac{(1 - \beta_{\odot}/100\%)}{(1 - \beta_{\odot}/\beta_{\odot}^{(c)})},$$

$$\varepsilon = \sqrt{1 - (1 - \varepsilon^{(0)})^2 \frac{(1 - \beta_{\odot}/\beta_{\odot}^{(c)})}{(1 - \beta_{\odot}/100\%)^2}}. \quad (2.3)$$

Таблица 2

Большие полуоси орбит (в числителе, а.е.) и эксцентриситеты (в знаменателе) планет-гигантов, планет-карликов и некоторых транснептуновых объектов в разные периоды эволюции Солнца

Планета	Возраст, млрд лет			
	4,58 (настоящее время)	12,17 (стадия красного гиганта Солнца)	12,30 (стадия вторичного расширения Солнца)	12,38 (стадия белого карлика Солнца)
Планеты-гиганты				
Юпитер	$\frac{5,20427}{0,048775}$	$\frac{11,5132}{0,570022}$	$\frac{62,5317}{0,920833}$	$\frac{83,032}{0,940379}$
Сатурн	$\frac{9,58202}{0,055723}$	$\frac{21,5648}{0,580424}$	$\frac{136,182}{0,933559}$	$\frac{193,477}{0,953234}$
Уран	$\frac{19,1893}{0,047220}$	$\frac{42,2922}{0,567695}$	$\frac{222,926}{0,917986}$	$\frac{292,542}{0,937502}$
Нептун	$\frac{30,0709}{0,008678}$	$\frac{60,8362}{0,509997}$	$\frac{195,341}{0,847396}$	$\frac{222,785}{0,866194}$
Планеты-карлики				
Плутон	$\frac{39,4817}{0,248808}$	$\frac{227,219}{0,869473}$	$\frac{\infty}{1,287190}$	$\frac{\infty}{1,310470}$
Эрида	$\frac{68,0474}{0,434754}$	$\frac{\infty}{1,147840}$	$\frac{\infty}{1,627760}$	$\frac{\infty}{1,654490}$
Макемаке	$\frac{45,7146}{0,155857}$	$\frac{143,097}{0,730326}$	$\frac{\infty}{1,116960}$	$\frac{\infty}{1,138500}$
Хаумеа	$\frac{43,2176}{0,191256}$	$\frac{161,305}{0,783317}$	$\frac{\infty}{1,181790}$	$\frac{\infty}{1,203990}$
Транснептуновые малые тела				
2007 OR10	$\frac{66,8473}{0,505846}$	$\frac{\infty}{1,254260}$	$\frac{\infty}{1,757960}$	$\frac{\infty}{1,786020}$
Кварвар	$\frac{43,2586}{0,034742}$	$\frac{92,588}{0,549015}$	$\frac{398,176}{0,895132}$	$\frac{487,897}{0,914417}$
Орк	$\frac{39,4597}{0,218430}$	$\frac{175,227}{0,823997}$	$\frac{\infty}{1,231560}$	$\frac{\infty}{1,254260}$
2002 AW197	$\frac{47,5075}{0,129913}$	$\frac{133,983}{0,691487}$	$\frac{\infty}{1,069440}$	$\frac{\infty}{1,090500}$
Варуна	$\frac{43,1939}{0,051180}$	$\frac{96,1196}{0,573623}$	$\frac{548,183}{0,925238}$	$\frac{742,838}{0,944829}$
Иксион	$\frac{39,4200}{0,242595}$	$\frac{213,527}{0,860173}$	$\frac{\infty}{1,275820}$	$\frac{\infty}{1,298970}$
2002 UX25	$\frac{42,7210}{0,144600}$	$\frac{127,54}{0,713473}$	$\frac{\infty}{1,096340}$	$\frac{\infty}{1,117670}$

3. Результаты и их обсуждение

Выполним численный анализ основных аналитических результатов предыдущего параграфа. В табл. 2 представлены значения параметров орбит планет-гигантов, планет-карликов (больших ТНО) и некоторых малых ТНО, вычисленные на начала четырех эпох жизненного цикла Солнца с характерным значением его массы.

Очевидно, что Солнечная система существенным образом меняет свой облик в процессе эволюции Солнца. Уже на стадии красного гиганта большие полуоси планет-гигантов увеличиваются в 2–2,3 раза (рис. 1 а), у карликовых планет: у Плутона – в 5,75 раза, Макемаке – в 3,1 раза, у Хаумеи – в 3,73 раза (рис. 2 а). Эрида и ТНО 2007 OR 10 к данному моменту покинут пределы Солнечной системы. У малых транснептуновых тел большая полуось орбиты также увеличится в 2,2–5,4 раза.

Еще большими темпами растут эксцентриситеты орбит данных тел (табл. 2 и рис. 1 в, 2 в). Так эксцентриситет орбиты Юпитера к данному моменту увеличится в 11,6 раза, у Сатурна – в 10,4 раза, у Урана – в

12,1 раза, у Нептуна – в 56,7! У планет-карликов эксцентриситет увеличивается в 3,5–4,7 раза. В случае малых ТНО искомая величина возрастает в 2,5–15,7 раза. Здесь отчетливо просматривается одна особенность – *чем меньше исходное значение эксцентриситета, тем больше он увеличивается на стадии красного гиганта.*

Спустя 7,72 млрд лет от настоящего времени Солнце испытает повторное расширение конвективной оболочки. К этому моменту масса центрального тела станет меньше критической для большинства рассматриваемых тел (см. табл. 2 и 3 для сравнения). Все карликовые планеты, и такие малые ТНО, как 2007 OR10, Орк, 2002 AW197, Иксион, 2002 UX25 покинут пределы Солнечной системы. Во внешней части Солнечной системы останутся лишь планеты-гиганты, Кварвар и Варуна. При этом большие полуоси планет-гигантов увеличатся в 6,5–14,2 раза, у малых ТНО 9,2–12,7 раза в сравнение с настоящими значениями (табл. 2, рис. 1 б, 2 б); эксцентриситеты орбит планет увеличатся в 16,7–97,4 раза (рис. 1 г, 2 г), а у оставшихся малых ТНО – в 18,2–25,5 раза.

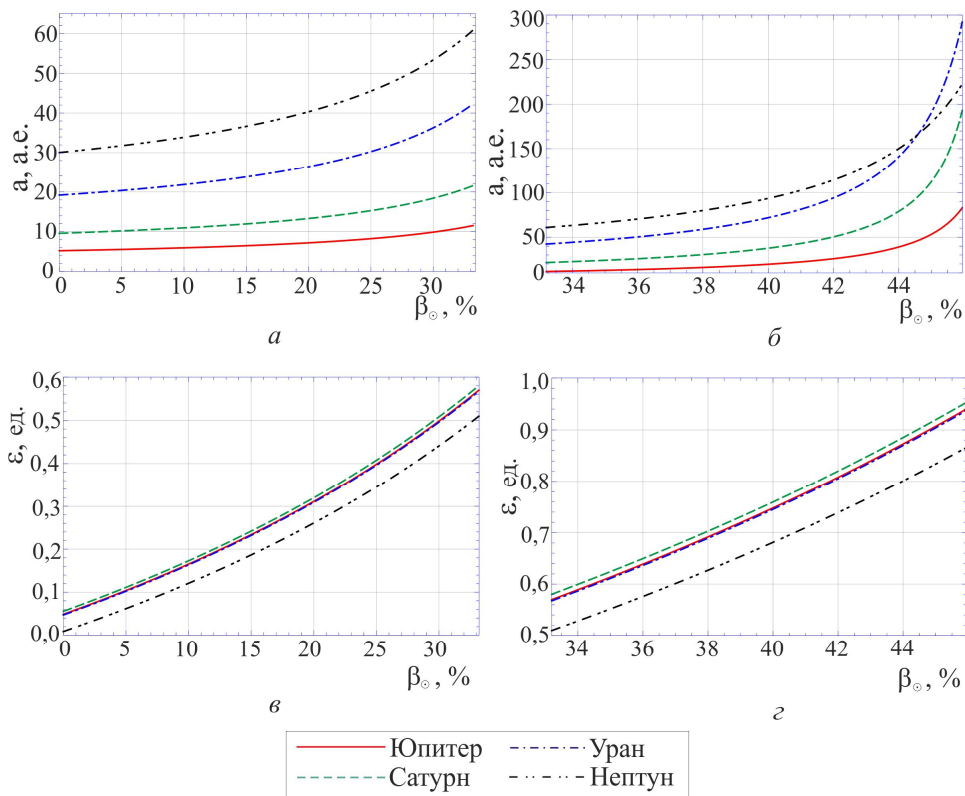


Рис. 1. Кривые зависимости большой полуоси (а и б) и эксцентриситета (в и г) орбит планет-гигантов от относительного изменения массы Солнца β_{\odot}

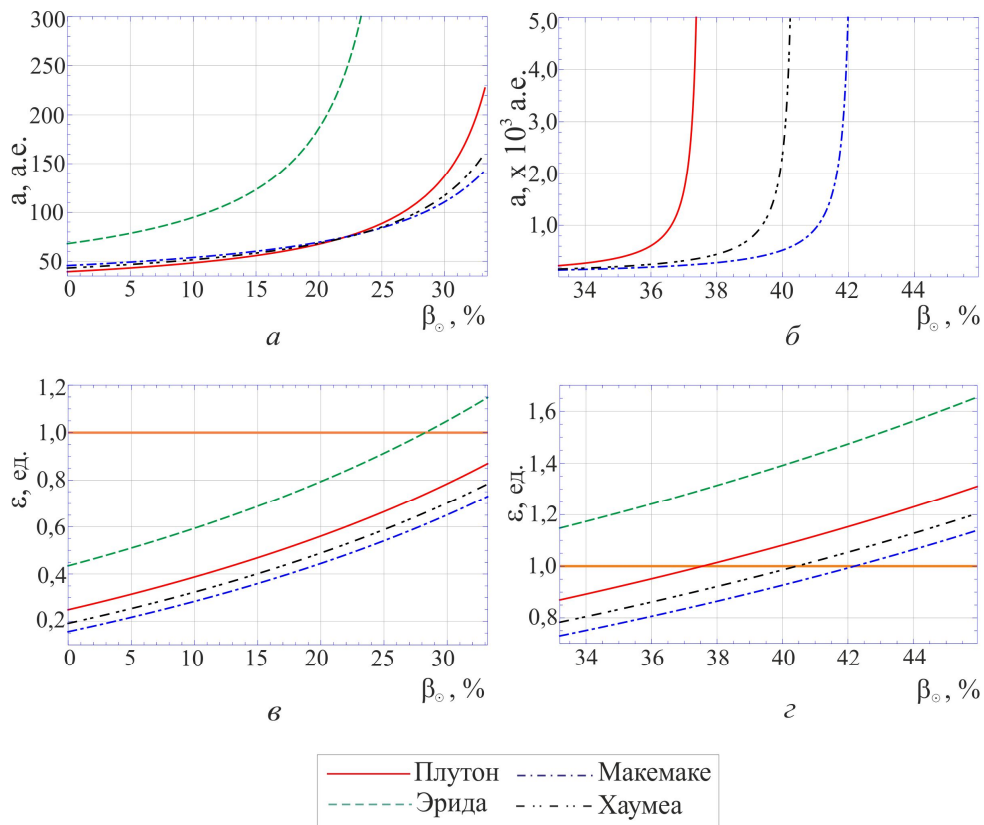


Рис. 2. Кривые зависимости большой полуоси (а и б) и эксцентриситета (в и г) орбит планет-карликов от относительного изменения массы Солнца β_{\odot}

Таблица 3

Значения критических параметров для планет-гигантов, планет-карликов и некоторых малых транснептуновых объектов

Планета	$m_{\odot}^{(c)}/m_{\odot}^{(0)}$	$\beta_{\odot}^{(c)}$, %
Планеты-гиганты		
Юпитер	0,524388	47,5613
Сатурн	0,527862	47,2138
Уран	0,523610	47,6390
Нептун	0,504339	49,5661
Планеты-карлики		
Плутон	0,624404	37,5596
Эрида	0,717377	28,2623
Макемаке	0,577929	42,2071
Хаумеа	0,595628	40,4372
Транснептуновые малые тела		
2007 OR10	0,752923	24,7077
Кварвар	0,517371	48,2629
Орк	0,609215	39,0785
2002 AW197	0,564957	43,5043
Варуна	0,525590	47,4410
Иксион	0,621298	37,8702
2002 UX25	0,572300	42,7700

На стадии белого карлика (спустя 7,80 млрд лет) во внешней части Солнечной системы останутся из 15 рассматриваемых тел только четыре планеты гиганта и малые ТНО – Кварвар и Варуна. Следует отметить, что в ее внутренней части останутся лишь Венера, Земля и, возможно, небольшая часть астероидов

главного пояса [5]. На этом этапе завершится эволюция орбит оставшихся тел. Для большей наглядности эволюции орбит и облика Солнечной системы на рис. 3–5 представлены траектории 15 рассматриваемых тел Солнечной системы, сведенных в одну плоскость, на начало четырех эпох жизненного цикла Солнца.

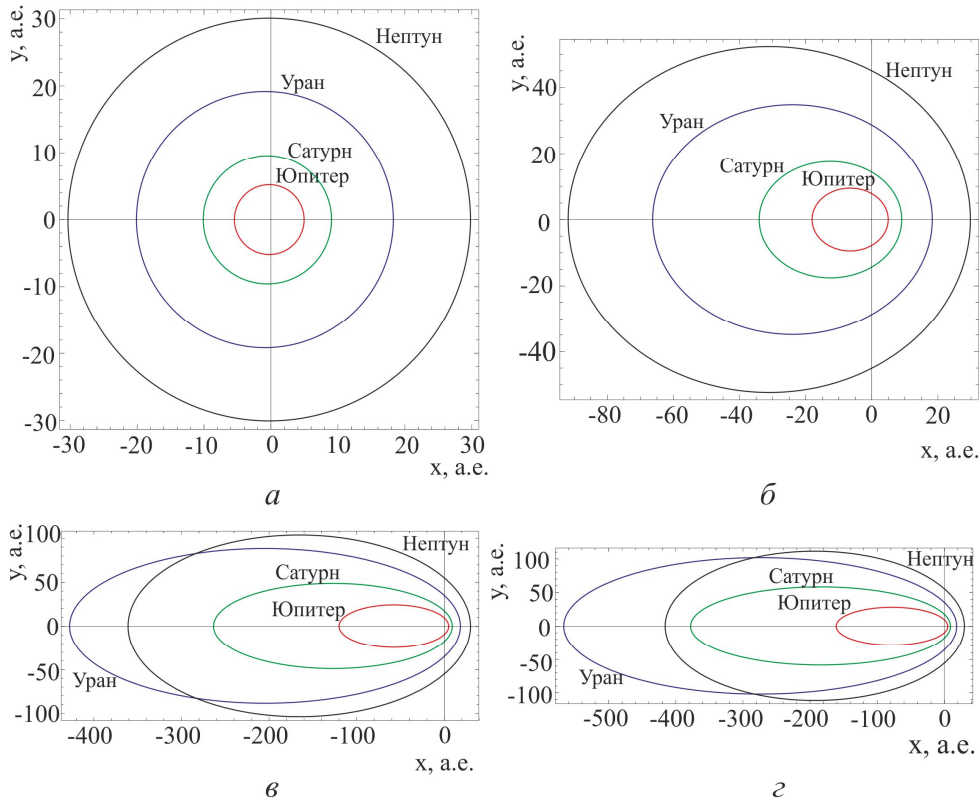


Рис. 3. Траектории движения планет-гигантов:

- а) в настоящее время; б) на начало эпохи красного гиганта (спустя 7,59 млрд лет);**
- в) на начало эпохи вторичного расширения красного гиганта (спустя 7,72 млрд лет);**
- г) на начало эпохи белого карлика (спустя 7,80 млрд лет)**

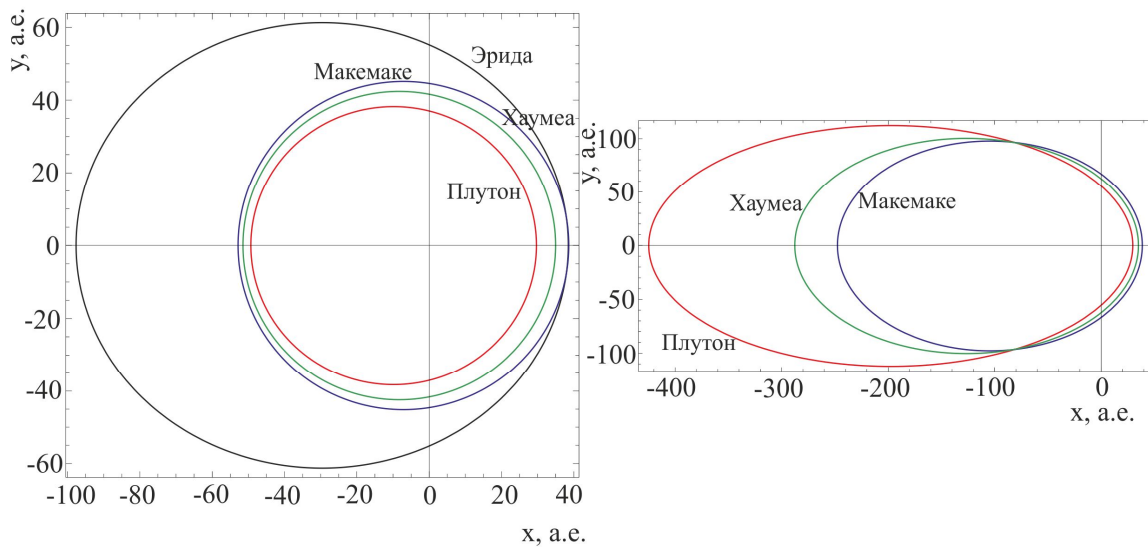


Рис. 4. Траектории движения планет-карликов:

- а) в настоящее время; б) на начало эпохи красного гиганта (спустя 7,59 млрд лет)**

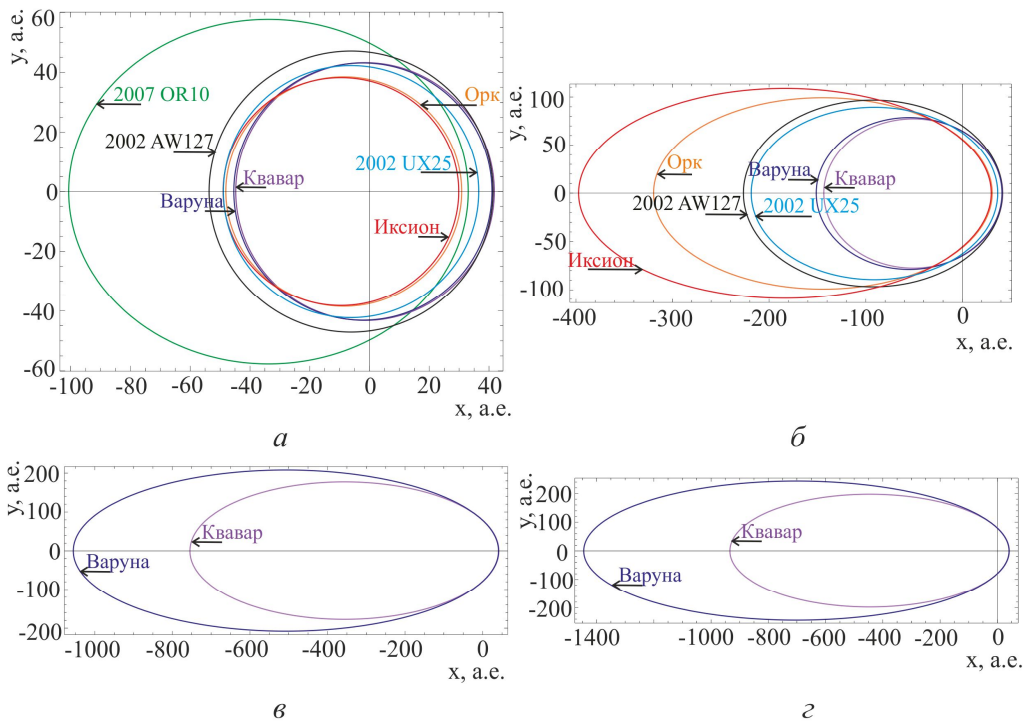


Рис. 5. Траектории движения малых транснептуновых объектов:
а) в настоящее время; б) на начало эпохи красного гиганта (спустя 7,59 млрд лет);
в) на начало эпохи вторичного расширения красного гиганта (спустя 7,72 млрд лет);
г) на начало эпохи белого карлика (спустя 7,80 млрд лет)

Заключение

Таким образом, нами рассчитаны значения радиусов круговых орбит планет-гигантов, планет-карликов и малых ТНО Солнечной системы на начала четырех эпох жизненного цикла Солнца. Полученные результаты согласуются с данными из литературных источников. Тем не менее, приближение круговых орбит является ограниченным, поскольку дает лишь очень грубую картину эволюции орбит и не учитывает характер движения тела (финитное или инфинитное движение). Главный недостаток данного приближения заключается в том, что ни одно из рассматриваемых тел не способно покинуть Солнечную систему, что не соответствует действительности.

Также для тех же тел Солнечной системы на начала тех же эпох вычислены величины больших полуосей и эксцентриситетов эллиптических орбит. Показано, что на стадии красного гиганта большие полуоси планет-гигантов увеличиваются в 2–2,3 раза, у большинства карликовых планет – в 3,1–5,75 раз, у малых ТНО – в 2,2–5,4 раза. Эрида и 2007 OR 10 к данному моменту покинут пределы Солнечной системы. Еще большими

темпами растут эксцентриситеты орбит данных тел. К моменту повторного расширения конвективной оболочки масса Солнца станет меньше критической для большинства рассматриваемых тел, и потому все карликовые планеты, в том числе 2007 OR10, Орк, 2002 AW127, Иксион, 2002 UX25, уйдут в межзвездное пространство. На стадии белого карлика (спустя 7,80 млрд лет) во внешней части Солнечной системы останутся из 15 рассматриваемых тел только четыре планеты-гиганта и два малых ТНО – Квавар и Варуна. Вместе с Венерой и Землей и, возможно, небольшой частью астероидов главного пояса эти тела будут составлять остаток Солнечной системы, завершившей свою «звездную» эволюцию.

Литература

1. Bonanno A., Schlattl H., Patern L. The age of the Sun and the relativistic corrections in the EOS // *Astronomy and Astrophysics*. 2002. Vol. 390. P. 1115–1118.
2. Sackmann I.-J., Boothroyd A. I., Kraemer K. E. Our Sun. III. Present and Future // *Astrophysical Journal*. 1993. Vol. 418. P. 457–468.

3. Schroder K. P., Smith R. C. Distant future of the Sun and Earth revisited // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2008. Vol. 386 (1). P. 155–163.

4. Pogge R. W. The Once and Future Sun. URL: <http://www.astronomy.ohio-state.edu/pogge/Lectures/vistas97.html> (дата обращения: 1.10.2015).

5. Филиппов Ю. П., Волгина М. М. Количественный анализ эволюции орбит планет земной группы и астероидов главного пояса в эпоху красного гиганта Солнца // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2014. № 2 (5). С. 84–91.

THE QUANTITATIVE ANALYSIS OF ORBITS EVOLUTION OF GIANT PLANETS AND TRANS-NEPTUNIAN OBJECTS DURING THE RED GIANT ERA OF THE SUN

Yu. P. Philippov, P. S. Pivovarov

The quantitative analysis of orbits evolution of giant planets and some trans-neptunian objects during the red giant era of the Sun in approach circular and elliptic orbits is done in this work. In particular, obvious analytical dependences of Kepler elements from relative change of Sun mass (β_{\odot}) are presented here. The corresponding numerical values for specified bodies on the four eras beginnings of the Sun life are calculated. Comparison with predecessors results is carried out. It is shown that on the beginning of white dwarf era only giant planets and two large trans-neptunian objects: Kvarar and Varuna have chance of existence in Solar system. Other celestial bodies will have left Solar system.

Key words: Solar system, Red giant, evolution of an orbit, trans-neptunian object, dwarf planet.

Статья поступила в редакцию 28.10.2015 г.

© Philippov Yu. P., Pivovarov P. S., 2015.
Philippov Yury Petrovich
(yuphil@mail.ru),
senior lecturer of general and theoretical
physics department,
Samara State University,
443011, Russia, Samara, Academic Pavlov Str., 1;
Pivovarov Pavel Sergeevich
(Zond2010@mail.ru),
XIth form student of the Samara Regional Lyceum,
443016, Russia, Samara, Cheremshanskaya Str., 70.