

Определение положения планеты X и оценка ее гравитационного влияния на тела Солнечной системы

© Ю. Д. Медведев¹, Д. Е. Вавилов¹, Ю. С. Бондаренко¹,
Д. А. Булекбаев²

¹ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

²ВКА им. А. Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия

По движению близпараболических комет найдено положение планеты X на орбите, полученной Батыгиным и Брауном [1]. Предполагалось, что часть близпараболических комет, известных к настоящему времени, имели сближения с этой планетой. Выделены 3 кометы, имеющие гиперболические орбиты и минимальные расстояния с орбитой планеты на нисходящих ветвях своих гиперболических орбит. Было предположено, что хотя бы одна из этих 3 комет имела сближения с планетой перед их открытием в окрестности Солнца. На основании этого предположения получены интервальные оценки возможного эфемеридного положения планеты на настоящую эпоху: для гелиоцентрического расстояния (1116, 1119) а. е., прямого восхождения и склонения в пределах интервалов (83°, 88°) и (7°, 10°) соответственно. Рассмотрен также вариант, когда планета находится на орбите, полученной в статье [1], но имеет обратное движение. В этом случае вычисленные интервальные оценки эфемеридного положения планеты равны: (48°, 55°) и (-12°, -8°) для прямого восхождения и склонения и (800, 874) а. е. для расстояния. Эти интервальные оценки для прямого восхождения и склонения планеты полностью лежат в интервалах, которые даются Холманом и Пейном [3] для этих величин, полученных ими по высокоточным наблюдениям космического аппарата «Кассини», и не противоречат работе [2]. Уточнённое положение планеты позволило оценить гравитационные возмущения, которые оказывает эта планета на другие планеты и на малые тела Солнечной системы. Так для кометы Галлея учет возмущений от планеты X на одном обороте кометы вокруг Солнца приводит к изменению ее периода на 3.2 секунды.

Ключевые слова: Солнечная система, планеты, транснептуновые небесные тела, кометы, эфемериды.

Введение

Тема возможности существования массивных небесных тел в поясе «Эджеворта – Койпера» периодически возникала в литературе. Особенно часто в качестве индикаторов присутствия крупных небесных тел в этом поясе использовались долгопериодические кометы. Шютте [4] обратил внимание на семейство из пяти долгопериодических комет (1862 III, 1889 III, 1917 I, 1939 VI, 1907 II), афелийные расстояния которых заключены в интервале $(47.6 \div 59.0)$ а. е. Родительской планетой этого семейства Шютте считал Плутон. Позднее Шютте [5] указал еще одну группу из 11 комет с афелиями, расположенными в трансплутоновой зоне от 73.1 а. е. до 102.5 а. е. По мнению Чеботарева [6], данное семейство связано с гипотетической транснептуновой планетой, имеющей большую полуось $a = 100$ а. е. Значение большой полуоси орбиты планеты Чеботаревым бралось равным среднему афелийному расстоянию кометных орбит. Гулиев и Дадашов [7] предполагали, что пять комет с афелийными расстояниями от 47.7 а. е. до 59.2 а. е. связаны с планетой, имеющей большую полуось $a = 55$ а. е., наклон орбиты к эклиптике $i = 30^\circ$, долготу восходящего узла $\Omega = 272^\circ$. По мнению этих же авторов, другие шесть комет с афелийными расстояниями от 99 а. е. до 116 а. е. связаны с планетой с орбитальными элементами: $i = 30^\circ$, $\Omega = 341^\circ$, $a = 110$ а. е. В следующей работе [11] Гулиев предсказывает существование планеты, двигающейся по орбите с $a = 165$ а. е., $i = 37^\circ$. Исследуя долгопериодические кометы, Матесе и др. [12] предположили, что на орбиты этих комет влияет далекая планета с массой, равной трем массам Юпитера и с большой полуосью $a \approx 25\,000$ а. е. и наклоном $i = 90^\circ$. Эти выводы были сделаны на основе статистики 20 кометных орбит. Возможность существования гипотетических трансплутоновых планет, порождающих почти параболические кометы, рассматривал Радзиевский [8–10].

В статье [1] показано, что необычное распределение элементов орбит открытых небесных тел в этом поясе можно объяснить гравитационным влиянием гипотетической планеты X с массой 10 земных масс, двигающейся по эллиптической орбите с элементами: большая полуось $a = 700$ а. е., эксцентриситет $e = 0.6$, и угловыми элементами: наклон орбиты $i = 30^\circ$, аргумент перигелия $\omega = 150^\circ$ и долгота восходящего узла $\Omega = 293^\circ$. Для дальнейших ссылок на эту орбиту назовем ее опорной. Вслед за этой статьёй появилась статья [2], в которой определяются наиболее вероятные интервалы положений планеты на опорной орбите. Уточнение положения в этой статье производилось по наблюдениям космического аппарата (КА) «Кассини». Вычислялись серии новых численных теорий движения планет с учетом гравитационного притяжения планеты X, в каждой из которых менялось положение гипотетической планеты на опорной орбите. Затем вычислялась траектория КА с использованием новых численных теорий, и определялись значения среднеквадратических уклонений положений КА, σ . Из анализа этих уклонений определялись интервалы значений истинной аномалии планеты X. Показано,

что в случае нахождения планеты на опорной орбите со значениями истинной аномалии, лежащими в интервале $\vartheta \in (-130^\circ, -100^\circ)$ или $\vartheta \in (-65^\circ, 85^\circ)$ среднеквадратическое уклонение наблюдений «Кассини» заметно увеличивается, а при $\vartheta \in (108^\circ, 129^\circ)$ уменьшается. При ϑ , не входящих в уже упомянутые интервалы, гравитационное влияние планеты слишком мало, чтобы оказывать заметное влияние на $O - C$ спутника «Кассини». На основании проведенных вычисления делается вывод, что наиболее вероятным значением истинной аномалии является $\vartheta = 118^\circ \pm 11$. В следующей работе [3], посвященной этой планете, методика уточнения положения планеты по наблюдениям КА «Кассини» была усовершенствована. Более тщательный анализ $O - C$ для наблюдений «Кассини» подтвердил результаты предыдущей работы, выявив более резкий минимум величины σ наблюдений «Кассини» для значений истинной аномалии в интервале $\vartheta \in (90^\circ, 160^\circ)$ и менее выраженный и более узкий — в интервале $\vartheta \in (-90^\circ, -70^\circ)$. Холман и Пейн [3] дают также интервальные оценки значения прямого восхождения α и склонение δ планеты на настоящую эпоху в пределах интервалов: $\alpha \in (20^\circ, 60^\circ)$ и $\delta \in (-35^\circ, 5^\circ)$. Результаты цитируемых работ показывают, что наличие планеты на опорной орбите возможно, однако неопределенность эфемеридного положения планеты остается еще достаточно большой. Поэтому задача уточнения положения планеты на опорной орбите остается актуальной.

Данная работа является продолжением работы [13], опубликованной ранее. В данной работе мы уточняем шестой элемент этой планеты (положение планеты на орбите), делая более тщательный отбор комет, имеющих возможно тесное сближение с планетой X. При отборе комет мы учли и новые кометы, открытые после выхода статьи [13]. Кроме того, мы оценили гравитационное влияние этой планеты на уже известные тела Солнечной системы.

Наши предположения

Основное наше предположение, что часть известных нам близпараболических комет имели тесное сближение с этой гипотетической планетой и благодаря этому они появились в окрестности Солнца. Выделение таких комет из общего списка известных нам комет и оценка моментов их сближений с гипотетической планетой дают нам возможность уточнить ее положение на орбите. В данной статье мы выделяем несколько признаков, по которым мы пытаемся определить такие кометы. Во-первых, орбиты этих комет должны иметь небольшие значения величин минимального расстояния с орбитой этой гипотетической планетой MOID. Во-вторых, сближение должно непосредственно предшествовать открытию таких комет, поэтому особый интерес для нас представляют кометы, двигающиеся по гиперболическим орбитам, причем точка MOID должна приходиться на нисходящую ветвь гиперболы орбиты кометы, поскольку только в этом случае возможна «правильная» последовательность событий: сближение с планетой, движение по гиперболической орбите в окрестность Солнца и открытие ее в перигелии. Кроме этого, комета

должна быть «новой», т. е. попавшей в окрестность Солнца впервые. Признаком того, что комета — «новая», может служить повышенная активность кометы при приближении к Солнцу (значимая разность между звёздными величинами ядра кометы и ее комы). Этот признак становится более весовым, если повышенная активность кометы проявляется на больших гелиоцентрических расстояниях. В то же время, значения наклона орбиты позволяют подозревать, что комета уже подвергалась гравитационным возмущениям со стороны известных планет нашей Солнечной системы и не впервые оказалась в окрестности Солнца. Кроме того, ошибки величины эксцентриситета орбиты кометы должны быть ощутимо меньше гиперболического избытка орбиты 1-е, чтобы быть уверенным, что комета действительно двигалась по гиперболической орбите до своего открытия.

Таким образом, если нам удастся найти комету (кометы), которая движется по гиперболической орбите и имела тесное сближение с планетой, мы можем уточнить положение планеты на орбите. В частности, вычислить значение момента прохождения планетой перигелия.

Вычисления

Были взяты все известные близпараболические кометы на дату июль 2017 г., всего 2723 кометы. Затем из списка этих комет были исключены кометы, имеющие низкую точность элементов. После этого для оставшихся 802 близпараболических комет, численным интегрированием их уравнений движения были вычислены оскулирующие элементы до их входа в околосолнечное пространство, так называемые «исходные» элементы. «Исходными» элементами считались оскулирующие элементы кометы, когда она удалась на расстояние 250 а. е. от Солнца. Используя эти оскулирующие орбиты, были вычислены значения MOID с гипотетической орбитой планеты и отобраны кометы, значения MOID у которых меньше критического радиуса $R_c = 3$ радиуса сферы действия гипотетической планеты r . Радиус сферы действия вычислялся по формуле из работы [14]: $r = \rho^5 \sqrt{m^2}$, где ρ — расстояние от планеты до Солнца в а. е., m — масса планеты в единицах массы Солнца. При предположении, что масса гипотетической кометы равна 10 масс Земли, величины радиуса сферы действия планеты в перигелии и в афелии равны 1.7 а. е. и 6.9 а. е. соответственно.

Вычисления показали, что 25 комет имеют значение MOID меньше критического радиуса R_c . 5 комет среди 25 имеют гиперболические оскулирующие орбиты, причем для 3 из них MOID приходится на нисходящую ветвь гиперболы.

В табл. 1 приведены данные об этих 3 кометах в порядке убывания значений наклона орбиты.

Таблица 1

Динамические и физические параметры 3 отобранных комет

Название	e	q	i	Δ_m	MOID	R_{MOID}
C/1999 N4	1.000(50 ± 1)	5.62	157.2	-4.9	0.44	1022.8
C/2002 Q5	1.000(04 ± 0.2)	1.21	150.4	-5.3	7.87	1066.9
C/2000 K1	1.000(25 ± 2)	6.52	116.6	-5.1	7.50	1041.7

В табл. 1: «Название» — предварительное обозначение кометы; e — эксцентриситет орбиты кометы и его ошибка (в скобках приведены 4 и 5 знаки значения e и ошибка e , выраженная в тех же разрядах); q — перигелийное расстояние в а. е., i — наклон орбиты в градусах; Δ_m — разность между звёздными величинами комы и ядра кометы; MOID — минимальное расстояние между орбитами кометы и гипотетической планеты в а. е. R_{MOID} — гелиоцентрическое расстояние кометы в а. е. в момент минимального расстояния с орбитой планеты.

Таблица 2

Эфемеридное положение на 13.06.2017 и моменты прохождений через перигелий планеты X в случае прямого движения

Название	Δ	α	δ	ν	T	ΔT
C/1999 N4	1116	83	7	176	6091.8	347.2
C/2002 Q5	1119	88	10	182	5744.6	0.0
C/2000 K1	1119	84	8	178	5773.4	-28.8
Все кометы	1117 ± 1	86 ± 3	8 ± 2	179 ± 3	5918.2 ± 173.6	

В табл. 2 приводятся результаты расчета положения планеты на 13 июня 2017 г. в предположении, что отобранные кометы имели тесные сближения с планетой и затем были открыты. В таблице приводится гелиоцентрическое расстояние Δ в астрономических единицах, прямое восхождение α , склонение δ и истинная аномалия ν в градусах, а также момент прохождения планетой через перигелий T . Момент прохождения через перигелий T приводится в юлианских днях, деленный на 10^3 , т. е. в тысячах юлианских дней (точность этой величины исчисляется сотнями лет, поэтому приводить её с точностью до суток нецелесообразно). Кроме того, в последнем столбце приводится разность моментов $\Delta T = T - T_0$, где T_0 — момент прохождения через перигелий, полученный по движению кометы C/2002 Q5. Величина ΔT также приводится в тысячах юлианских дней. Данные таблицы показывают, что для данного варианта орбиты планеты, при предположении о сближении планеты с хотя бы одной из вышеперечисленных комет, планета в настоящее время находится в афелии своей орбиты. Усредненный по трем кометам момент ближайшего прохождения планетой X перигелия равен 5918200 в юлианских днях, что соответствует 11491 году. Эфемеридные положения планеты меняются от ко-

меты к комете, но незначительно, и они могут быть объяснены ошибками элементов комет и планеты, а также возможностью сближения кометы с планетой не точно в точке MOID. Поэтому полученные значения для разных комет мы считаем равновероятными и приводим их в виде интервала, границами которого служат минимальное и максимальное значения. В последней строке таблицы мы приводим значения интервалов определенных величин, как среднее между минимальным и максимальным значением « \pm » полудлина интервала. Сравнение полученных значений истинной аномалии планеты с результатами, опубликованными в работе [2], показывает, что полученные значения истинной аномалии принадлежат диапазону, определенному в упомянутой работе, т. е. планета находится на таком расстоянии, что ее гравитационное влияние на движение КА «Кассини» не ощутимо.

Как и в предыдущей статье [12] нами был рассмотрен также вариант, когда планета движется по той же орбите, но в обратную сторону, т. е. имеет следующие угловые элементы: $i = 150^\circ$, $\omega = 30^\circ$, и $\Omega = 113^\circ$.

В табл. 3 приведены эфемеридные положения планеты, вычисленные по движению тех же 3 комет, но для случая ее обратного движения. В этой таблице приводятся значения тех же переменных и в тех же единицах, что и в табл. 2, за исключением истинной аномалии v , которая для удобства сравнения со значениями на прямой орбите пересчитана по формуле: $v = 360^\circ - v_{\text{обр}}$, где $v_{\text{обр}}$ — истинная аномалия планеты на обратной орбите. Данные этой таблицы показывают, что в случае обратного движения значения истинной аномалии планеты не противоречат значениям истинной аномалии $v = 118^\circ \pm 11$, приведенным в работе [2]. Кроме этого, вычисленные значения прямого восхождения и склонения имеют хорошее согласие со значениями, полученные Холманом и Пейном [3]. В этом случае усредненный момент прохождения планетой X перигелия приходится на 5873 г.

Таблица 3

Эфемеридные положения на 13.06.2017 и моменты прохождений через перигелий планеты X, в случае обратного движения

Название	Δ	α	δ	v	T	ΔT
C/1999 N4	800	48	-12	136	3770.7	-250.5
C/2002 Q5	874	55	-8	144	4021.2	0.0
C/2000 K1	828	51	-10	140	3866.2	-155.0
Все кометы	837 ± 37	51 ± 4	-10 ± 2	140 ± 4	3890.9 ± 120.2	

Оценка гравитационного влияния планеты X на тела Солнечной системы

Для оценки гравитационного влияния планеты X на тела Солнечной системы был применен дифференциальный метод. В этом методе орбита тела представляется в виде суммы двух слагаемых: промежуточной орбиты и отклонений от промежуточной орбиты. Обычно в качестве промежуточной ор-

биты используются невозмущенные кеплеровские орбиты, а сам метод используется для увеличения точности и эффективности численного интегрирования. В работе [14] показано, что после небольшой модификации этот метод можно использовать для оценки вклада возмущений в движение небесных тел, оценивать величины отдельных констант в динамических моделях эфемерид, а также оперативно уточнять эфемериды небесных тел. В работе [14] предложено в качестве промежуточной орбиты использовать орбиту, которая воспроизводится уже существующей численной теорией, для которой собственно и решаются вопросы необходимости включения новых дополнительных возмущений или уточнения ее констант.

С помощью этой методики оценивалось гравитационное влияние планеты X на 8 планет Солнечной системы. Эфемеридные положения планет брались из эфемериды DE405 [15]. Поскольку возмущения от планеты X небольшие, то в системе дифференциальных уравнений для отклонений были оставлены дифференциальные возмущения от Солнца, Юпитера и Сатурна. Для уменьшения потери точности при округлениях правые части уравнений были преобразованы по методу Энке [16], и вычисления производились с учетверенной точностью (с 32 знаками). Интегрирование дифференциальных уравнений проводилось методом Рунге-Кутты 4 порядка. Уравнения интегрировались на 50 лет назад от эпохи 2017.0

Результаты расчетов приведены в табл. 4. В ней приводятся изменения элементов 8 планет в случае включения в их эфемериду гравитационных возмущений от планеты X. Положение планеты X было взято для случая обратного движения. В первой колонке таблицы приведено название планеты, для которой оцениваются возмущения. В следующей колонке — величина изменения момента прохождения через перегилий ΔT в сек, далее — изменения большой полуоси Δa в метрах и изменения двух угловых переменных: аргумента перигелия $\Delta \omega$ в градусах, умноженных на 10^{-6} и долготы восходящего

Таблица 4

Изменения элементов планет и кометы Галлея
из-за гравитационного влияния планеты X

Планеты	ΔT (с)	Δa (м)	$\Delta \omega \cdot 10^{-6}$	$\Delta \Omega \cdot 10^{-8}$
Меркурий	0.02	0.03	0.03	0.01
Венера	0.01	0.007	0.05	0.09
Земля	0.03	0.017	8.3	79.6
Марс	0.03	0.003	0.02	0.08
Юпитер	0.04	8.81	0.1	0.86
Сатурн	2	82.86	0.22	15.83
Уран	11	1094.57	2.12	66.59
Нептун	168	9777.93	10.35	150.6
Комета Галлея	3.22	34.35	18.98	26.21

узла $\Delta\Omega$ в градусах, умноженных на 10^{-8} . Как и ожидалось, величина изменения элементов больше для более далеких от Солнца планет. Достаточно большие изменения угловых элементов для Земли объясняются небольшим наклоном ее орбиты к эклиптике на эпоху 2000.0, а также близким к нулю значением ее эксцентриситета.

Для случая, когда планета X имеет прямое движение, значения изменений мы не приводим, поскольку планета, по нашим расчетам, находится еще дальше, а значит изменения еще меньше. Проведена также оценка изменения элементов орбиты кометы Галлея за один оборот вокруг Солнца (~ 75 лет) из-за гравитационного влияния планеты X. Наиболее значимое изменение оказалось в моменте прохождения кометой перигелия, но и оно составило только 3.2 с. Здесь можно напомнить, что изменение этой величины для кометы вследствие негравитационных ускорений составляет более 4 суток.

Заключение

По движению близпараболических комет уточнено положение планеты X, элементы которой предложены в работе Батыгина и Брауна [1]. Положение уточнено для двух случаев: прямого и обратного движений планеты X. В случае прямого движения, по нашим расчетам, планета находится в окрестности афелия орбиты, в случае обратного — значительно ближе. Для наглядности уточненные положения планеты X изображены на рис. 1, где по осям

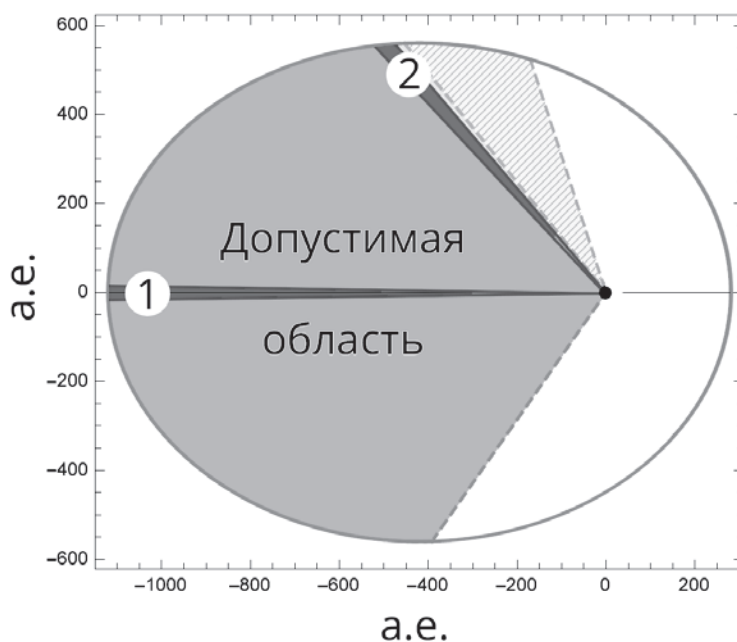


Рис. 1. Орбита и возможные области нахождения планеты X в настоящее время

отложены орбитальные координаты в астрономических единицах. Изображена орбита планеты X, темным сектором с цифрой 1 отмечена область, в которой находится планета в настоящее время в случае прямого движения, и темным сектором с цифрой 2 — в случае обратного движения. На рисунке также приведена область, полученная в работе [2] по наблюдениям космического аппарата «Кассини» (заштрихованный сектор). Особо выделена область, в которой влияние планеты X на наблюдения аппарата «Кассини» неощутимо (на рисунке она выделена серым цветом и обозначена как «Допустимая область»). Рисунок наглядно показывает, что использование близпараболических комет как индикаторов положения планеты X позволило существенным образом сузить неопределенность положения планеты на орбите. Кроме того, сделаны оценки гравитационного влияния планет X на тела Солнечной системы. Оценки гравитационного влияния проведены для случаев, когда планета имеет обратное движение. Вычисления показали, что гравитационное влияние планеты X на Землю оказалось сравнимым с возмущениями от астероида диаметром ~ 25 км, находящимся на расстоянии 1 а. е. от Земли.

Литература

1. *Batygin K., Brown M. E.* Evidence for a distant giant planet in the solar system // *Astron. J.* — 2016. — Vol. 151. — P. 22–34.
2. *Fienga A., Laskar J., Manche H., Gastineau M.* Constraints on the location of a possible 9-th planet derived from the Cassini data // *Astron. Astrophys.* — 2016 — Vol. 587, L8.
3. *Holman M. J., Payne M. J.* Observational constraints on planet nine: Cassini range observations // *Astron. J.* — 2016. — Vol. 152. — P. 94–113.
4. *Schuette C.* Two new families of comets // *Pop. Astron.* — 1949. — Vol. 57. — P. 176–182.
5. *Schütte K.* Drei weitere Mitglieder der Transplutokometenfamilie // *Acta Astronomica.* — 1965. — Vol. 15. — P. 11–13.
6. *Чеботарев Г. А.* Поиски трансеплутоновых планет с помощью периодических планет // *Бюлл. ИТА.* — 1972. — Т. 13. № 3. — С. 145–147.
7. *Гулиев А. С., Дадашов А. С.* О трансеплутоновых кометных семействах // *Астрон. вестн.* — 1989. — Т. 23. № 1. — С. 88–95.
8. *Радзиевский В. В.* О существовании массивных трансеплутоновых тел с обратным движением // *Анализ движения тел Солнечной системы. Сборник трудов ЛГУ.* — Рига: 1986. — С. 126–143.
9. *Радзиевский В. В.* Происхождение и динамика кометной системы // *Кинематика и физика небесных тел.* — 1987. — Т. 3. № 1. — С. 66–77.
10. *Радзиевский В. В.* Новые аргументы в пользу выброса кометных ядер трансеплутоновыми планетами. — Деп. В ВИНТИ 20.03.90. — №1490-В90. — 18 с.
11. *Гулиев А. С.* Об одном трансеплутоновом планетном семействе // *Кинематика и физика небесных тел.* — 1994. — Т. 11. № 2. — С. 44–46.
12. *Matese J. J., Whitman P. G., Whitmire D. P.* Cometary evidence of a massive body in the outer Oort cloud // *Icarus*: 1999. — Vol. 141, Issue 2. — P. 354–366.

13. Medvedev Yu. D., D. E. Vavilov, Y. S. Bondarenko, D. A. Bulekbaev, N. V. Kunturova Improvement of the Position of planet X based on the motion of nearly parabolic comets // *Astronomical Letters*. — 2017— Vol. 43, Issue 2. — P. 120–125.

14. Абалакин В. К. и др. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. — М.: Наука, 1976. — 864 с.

15. Бондаренко Ю. С., Медведев Ю. Д., Ясько П. П. Метод дифференциальных возмущений для решения эфемеридных задач. // *Труды ИПА РАН*. — СПб.: Наука, 2012. — Вып. 23. — С. 172–179.

16. Standish E. P. Planetary and Lunar Ephemerides // DE405/LE405 Interoffice Memorandum, 312. F.-98-04. — 1998. — P. 18.

17. Дубяго А. Д. Определение орбит. — М.-Л.: ГИТТЛ, 1949. — 444 с.

Determination of the Planet X Position and Estimation of its Gravitational Influence on the Solar System Bodies

Yu. D. Medvedev, D. E. Vavilov, Yu. S. Bondarenko, D. A. Bulekbaev

The authors of the paper [1] proposed that a planet with 10 earth's masses and an orbit of 700 a. u. semi major axis and 0.6 eccentricity could explain the observed distribution of the Kuiper Belt objects nearby Sedna. Then Fienga et al. [2] used the INPOP planetary ephemeris model as a sensor for testing an additional body in the solar system. They defined the planet position on the orbit using the most sensitive data set — the Cassini radio ranging data.

Here we used near-parabolic comets for determination of the planet's position on the orbit. We made a search for the comets with low Minimum Orbit Intersection Distances (MOID) from the planet's orbit, assuming that some comets had approached the planet in the past. Three "new" comets with hyperbolic orbits were chosen from the list of 805 near-parabolic ones. We considered both the direct and the inverse cases of the planet's motion. The true anomaly of the planet was in the interval (176° , 182°) in the case of the direct motion; thus, the right ascension, the declination and the geocentric distance of the planet were in the intervals (83° , 88°), [7° , 10°], and (1116, 1119) a. u., correspondingly. The true anomaly was in (216° , 224°) in the case of the inverse motion; and all other values in that case were in the intervals (48° , 55°), (-12° , -8°) and (800, 874) a. u. The true anomaly for the inverse motion, v , had to be transformed by $360^\circ - v$ in order to make a comparison with the direct motion case. It gave us the interval (136° , 144°) which belonged to the intervals of the true anomaly of the possible planet's position given by [2].

The improved position of the planet X made it possible to estimate its gravitational perturbations on the motion of the bodies of the solar system. Thus, perturbations from the planet X changed the orbital period of the Halley's Comet by 3.2 s.

Keywords: The solar system, planets, trans-Neptunian bodies, comets, ephemerides.