

УДК 523.64

А. С. Гулиев, Р. А. Гулиев

Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана
пос. Ю. Мамедалиева, Шамахинский район, Азербайджан

О реальности семейств периодических и долгопериодических комет Урана

Проанализированы афелийные расстояния известных периодических комет в интервале 12—26 а. е. Установлено, что афелии 12 из 38 известных комет сконцентрированы в зоне 19.23—20.91 а. е., т. е. вблизи гелиоцентрического расстояния Урана. По-видимому, это не случайно. Методом тестирования показано, что и далекие узлы орбит периодических комет имеют существенный избыток в районе движения планеты. То же самое получено при анализе минимальных межорбитальных расстояний (MOID) в системе комета — Уран. Значения постоянной Тиссерана части рассматриваемых периодических комет имеют меньшую дисперсию относительно Урана, чем относительно Сатурна, Юпитера и Земли. Отобраны 20 долгопериодических комет с далеким узлом орбиты в районе движения Урана. Показано, что при равномерном пространственном распределении количество таких узлов должно быть 12. Судя по далеким узлам и значениям MOID, планета имеет вероятную динамическую связь с отобранной кометной группой. Установлено, что далекие узлы и перигелии как периодических, так и долгопериодических комет имеют избыток в направлениях 76° и 256° , что качественно согласуется с концепцией эруптивного происхождения комет.

ПРО РЕАЛЬНІСТЬ СІМЕЙСТВ ПЕРІОДИЧНИХ І ДОВГОПЕРІОДИЧНИХ КОМЕТ УРАНА, Гулієв А. С., Гулієв Р. А. — Аналізуються афелійні відстані відомих періодичних комет в інтервалі 12—26 а. о. Встановлено, що афелії 12 із 38 відомих комет концентруються в зоні 19.23—20.91 а. о., тобто поблизу геліоцентричної відстані Урана. Очевидно, це не випадково. Методом тестування показано, що і далекі вузли орбіт періодичних комет мають суттєвий надлишок у районі руху планети. Те ж саме отримано при аналізі мінімальних міжор-

бітальних відстаней (MOID) у системі комета — Уран. Значення постійної Тиссерана частини відібраних періодичних комет мають меншу дисперсію відносно Урана, ніж відносно Сатурна, Юпітера і Землі. Відібрано 20 довгоперіодичних комет з далеким вузлом орбіти в районі руху Урана. Показано, що при рівномірному просторовому розподілі кількість таких вузлів повинна дорівнювати 12. Судячи з далеких вузлів і значень MOID, планета має ймовірний динамічний зв'язок з відбраною кометною групою. Встановлено, що далекі вузли і перигелії як періодичних, так і довгоперіодичних комет мають надлишок у напрямках 76° і 256° , що якісно узгоджується з концепцією еруптивного походження комет.

ON REALITY OF FAMILIES OF PERIODIC AND LONG-PERIODIC COMETS OF URANUS by Guliyev A. S, Guliyev R. A. — Aphelion distances of known periodic comets in the interval 12—26 a.u. were analyzed. It was established that aphelion of 12 from 38 known comets are concentrated in the zone 19.23—20.91 a.u. i.e. near Uranus distance. In author's opinion it is not random. It was shown by testing method that distant nodes of periodic comet orbits have significant excess in the Uranus moving zone. Same regularity was obtained in the case of analyze of MOID values regarding comet—Uranus. Values of Tisserand constant in the case of Uranus have less dispersion than in cases of Saturn, Jupiter and Earth. It was selected 20 long-period comets which have distant nodes near of the moving zone of Uranus. Judging by values of MOID and distant nodes of comets the planet has possible dynamical connection with selected comet's group. It was established that distant nodes and perihelion of as periodic as long-periodic comets have excesses in directions 76° and 256° , which conformed qualitatively with eruption conception of comet origin.

ВВЕДЕНИЕ

Предположение о существовании кометного семейства Урана обсуждается уже более 100 лет в работах Вильсона [22], Рассела [21], Кромелина [16], Эпика [20], С. К. Всехсвятского [1], Хансена [17], Казимирчак-Полонской [8], Марседена [18] и многих других исследователей. В классификации периодических комет в эту группу включались три кометы, имеющие афелийные расстояния, соизмеримые с гелиоцентрическим расстоянием самого Урана. Из-за малочисленности данная группа долгое время не изучалась так подробно, как семейство Юпитера. Однако в 1980-х годах после появления работы С. К. Всехсвятского и А. С. Гулиева [2, 3] кометное семейство Урана стала предметом острых дискуссий. Впервые было обращено внимание на то, что афелии орбит трех урановых комет концентрируются вблизи одного из двух направлений, где для выброса из спутников планеты наблюдаемых частиц или вещества требуются самые минимальные

начальные скорости. Исходя из этого совпадения, сделано предположение об эруптивном происхождении кометного семейства Урана. В дискуссии вокруг этой идеи выступили В. П. Томанов [12], Л. Кресак [11], С. К. Всехсвятский и А. С. Гулиев [4], Е. А. Резников [14] и другие исследователи. Оппоненты упомянутого предположения в своих работах старались доказать, что в природе нет кометного семейства Урана, поэтому весьма яркий эффект, на который акцентировали внимание С. К. Всехсвятский и А. С. Гулиев, не может иметь космогонических корней. Брант и Чепман [15] также отрицают существование такого семейства.

Следует отметить, что подавляющее большинство работ, посвященных исследованию кометных групп, относится к семейству Юпитера. Однако, судя по росту численности, можно прогнозировать, что семейство Сатурна в скором времени будет вполне в состоянии соперничать с ним.

С момента появления работ [2, 3] прошло три десятилетия. За это время популяция кометной системы выросла больше чем в два раза. Выросла и группа комет, которую пока условно назовем «семейством Урана». Ниже мы будем изучать эту группу с учетом новейших данных, и прежде всего постараемся внести ясность в вопрос о ее реальности. Если ответ будет положительным, постараемся выяснить, сохранились ли особенности группы, отмеченные в работах [2, 3], или же они стерлись по мере роста количества комет. Если и этот вопрос найдет положительное решение, путем тестирования и статистического анализа данных постараемся найти аргументы в пользу идеи о связи долгопериодических комет с Ураном. Наконец, рассмотрим некоторые выводы, касающиеся изучаемой группы, сделанные в недавней работе О. В. Калиничевой и В. П. Томанова [10].

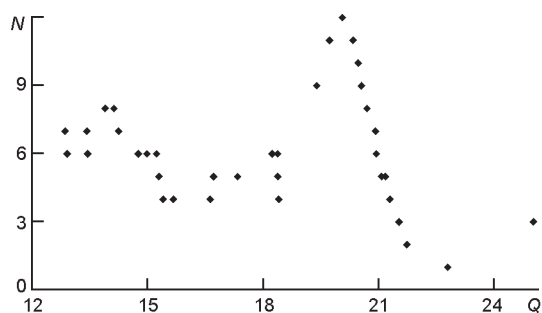
Итак, основной целью настоящей работы является: исследование афелийных расстояний соответствующих периодических комет; исследование MOID периодических и долгопериодических комет относительно Урана; анализ распределение далеких узлов кометных орбит относительно плоскости движения Урана и 67 «псевдоуранов» для дальнейшего сравнения; анализ значений постоянной Тиссерана ряда периодических и долгопериодических комет в контексте их принадлежности к семейству Урана (случай механизма захвата); вопрос о согласии данных «урановых» комет с эруптивной концепцией происхождения комет.

Кометные данные, использованные в работе. В настоящей работе в качестве исходного материала использованы данные для периодических комет с афелийными расстояниями Q от 12 до 26 а. е. Эти данные взяты из кометного каталога [19] и многочисленных номеров электронных циркуляров Центра малых тел Международного астрономического союза за период 2008—2012 гг. В работе также использованы данные для 1080 комет с $Q > 26$ а. е., наблюдавшихся до начала мая 2012 г. Они также заимствованы из перечисленных источников.

Из составленных списков исключены кометы с $q < 0.1$ а. е., так как они в основном сконцентрированы в отдельных группах, их происхождение не связано с планетами-гигантами, в частности с Ураном. У распавшихся комет будем использовать данные только одного фрагмента с обозначением A .

Распределение параметра Q периодических комет. Анализ собранных данных показывает, что интервалу гелиоцентрических расстояний от 12 до 26 а. е. соответствуют афелии 38 известных периодических комет. Предварительный анализ дискретных значений Q таких комет показывает наличие некоторого сгущения из 12 афелиев в интервале 19.23—20.91 а. е. (протяженность 1.68 а. е.). На рисунке приведено распределение количества N афелиев по значениям Q в каждом интервале протяженностью 1.68 а. е. Другими словами, для подсчета афелиев использованы переплетенные интервалы одинаковой длины.

Распределение афелийных расстояний периодических комет с Q от 12 до 25 а. е.



Как видно, в рассматриваемой шкале нет интервалов, конкурирующих по насыщенности афелиями с интервалом 19—21 а. е. Это первый заметный признак того, что в этой группе какое-то влияние Урана все же ощущается. Безусловно, мы отдаем себе отчет в том, что этого пока недостаточно, чтобы сделать уверенные выводы относительно роли Урана. Дополнительным анализом мы будем заниматься в последующих расчетах.

В ходе дальнейшего анализа мы решили скорректировать составленный список периодических комет и остановиться на 13 из них, афелийные расстояния которых соответствуют интервалу от 17.41 (17P) до 20.91 а. е. (38P). Ясно, что речь идет о кометах, афелийные расстояния которых находятся в пределах ± 1.8 а. е. от значения большой полуоси орбиты Урана. Поскольку расстояние планеты изменяется от 18.29 до 20.1 а. е., а радиус сферы влияния планеты составляет 0.78 а. е., то этот интервал примерно описывает полосу влияния Урана. Напомним, что радиус сферы влияния Урана вычисляется по формулы

$$= 1.15R(m_U/m_{Sun})^{1/3},$$

где m_U и m_{Sun} — массы Урана и Солнца, R — среднее расстояние планеты от Солнца.

Данные по 13 отобраннным периодическим кометам приведены в табл. 1. Заметим, что в период появления работы [2] таких комет было

всего лишь три, т. е. за последние 30 лет их количество увеличилось больше чем в четыре раза. Если долготы перигелиев орбит этих комет распределять в возрастающем порядке, то получим следующую картину: в интервалах 60—85 и 248—281 находятся перигелии 7 из 13 комет. Даже не прибегая к специальным критериям, можно утверждать, что это не случайно. Эти интервалы находятся вблизи направлений 76 и 256°, о которых речь шла в работах [2, 3]. Примерно такая же картина наблюдается в распределении далеких узлов орбит (табл. 1): интервалам 63—64 и 237—289 соответствуют 7 из 13 узлов. Предпосылки теории, развитой в [2, 3], сохраняются и ныне, хотя для справедливости нужно отметить, что за последние годы обнаружены также «урановые» кометы, орбитальные характеристики которых явно отклоняются от положений упомянутой теории.

Как мы уже отметили выше, близость афелийных расстояний комет к расстоянию планеты может быть только формальным признаком для определения семейства. Здесь также требуется, чтобы либо далекий узел орбиты кометы оказался в районе движения планеты, либо межорбитальное минимальное расстояние кометы от планеты было меньше радиуса сферы влияния последней. Эти два условия очень тесно связаны друг с другом. Тем не менее, ниже рассмотрим — насколько выполняются эти условия для рассматриваемой кометной группы. Расчеты показывают, что в плоскости движения Урана интервалу $R = 17.36...20.83$ а. е. соответствуют 7 из 13 далеких узлов кометных орбит (табл. 1). Чтобы определить степень избыточности, применим схему тестирования, аналогичную той, что была использована в работе [7]. Смысл такого тестирования в случае Урана сводится к следующему. Вариацией параметров q и I орбиты Урана находим количество далеких узлов, соответствующих указанному интервалу для 67 «псевдоуранов». Вариация должна осуществляться так, чтобы полюса орбит «псевдопланет» были бы распределены равномерно.

Таблица 1. Некоторые характеристики «урановых» комет, использованные в работе

Комета	q	e	I	Q	r	L		C	R
166P/2001 T4	8.555	0.395	15.28	19.73	0.965	21.2	244.8	2.88	16.65
38P	1.574	0.86	18	20.91	0.949	77.5	259.2	2.45	20.83
27P	0.735	0.919	29.1	17.41	2.232	84.8	289.1	2.59	12.23
95P	8.404	0.377	6.99	18.57	1.727	173.1	329.5	2.96	17.36
55P	0.976	0.906	162.24	19.87	0.838	60.2	314.6	1.25	14.09
C/2004C1	4.350	0.626	28.86	18.90	4.088	248.3	152	2.71	12.58
167P/2004 PY42	11.788	0.269	19.13	20.47	0.463	280.7	64.2	2.86	20.24
C/2006 F2	4.296	0.651	20.51	20.35	0.628	170.8	8.3	2.7	20.3
C/2006 U7	4.428	0.630	7.23	19.51	0.045	70.5	237.8	2.82	18.48
C/2007 S2	5.539	0.553	16.88	19.23	1.388	213.6	63.8	2.83	16.04
C/2010 L5	0.801	0.922	146.95	19.65	4.393	355.1	153.6	1.4	6.3
C/2011 P1	4.705	0.621	6.30	20.10	0.101	344.2	190.2	2.8	18.37
C/2011 Y3	3.498	0.706	26.51	20.26	0.306	67.4	264.8	2.61	17.77

Совокупность данных этой таблицы характеризуется следующими дисперсионными величинами:

$$N=7, \bar{n} = 3.61, \sigma = 1.67, t = 2.02, P > 0.99,$$

где \bar{n} и σ — среднее и среднее квадратичное отклонение, $t = (N - n)/\sigma$ — нормированная разность, P — доверительная вероятность этой разности. Последняя здесь и далее определяется по одностороннему критерию Стьюдента [5]. Чтобы данные этой таблицы сделать более независимыми друг от друга, мы прибегли к последовательным исключениям пересечений из рассмотрения по методике, описанной в работе [7]. При таком ужесточении использованного подхода значение параметра t увеличивается до 3.2. Полученные цифровые величины позволяют сделать вывод об избыточности далеких узлов орбит 13 периодических комет в районе движения Урана. А это, в свою очередь, является серьезным аргументом в пользу существования кометного семейства планеты среди отобранных комет. Подкреплением этого вывода является то, что при решении приведенной выше задачи по ближайшим и далеким узлам орбит рассматриваемых комет мы получили значения $t = -0.08$ и -0.67 относительно орбиты Юпитера и $t = -0.09$ и -0.68 относительно орбиты Сатурна.

Аналогичным образом мы исследовали минимальные межорбитальные расстояния 13 периодических комет относительно Урана. Для этого мы брали за основу рабочую формулу, заимствованную из работы [9]:

$$r = A^2 \frac{q(1 - e)}{1 - e \cos \theta} - 2A \frac{q(1 - e)}{1 - e \cos \theta} \sqrt{1 - \sin^2 i \sin^2(\theta)},$$

где A — среднее расстояние планеты, q и e — инвариантные элементы кометной орбиты, i и θ — элементы кометной орбиты относительно плоскости движения планеты (точкой отсчета является восходящий узел орбиты планеты), θ — истинная аномалия, которая варьирует от 0 до 360 с шагом 1. Однако при анализе этой формулы мы нашли в ней одну неточность и одну ошибку. Правая часть формулы должна быть под знаком радикала, кроме того, в случае эллиптичности орбиты планеты она дает большие искажения. Ошибка была исправлена, а вместо A мы использовали расстояние планеты в направлении далекого узла кометной орбиты. Результаты расчетов отражены в табл. 2. Видно, что у четырех комет межорбитальное расстояние от Урана меньше, чем 0.5 а. е. В табл. 3 приводятся результаты тестирования относительно 67 «псевдоуранов». И в этом случае мы получили положительное значение t с высокой доверительной вероятностью:

$$N = 4, \bar{n} = 1.91, \sigma = 0.97, t = 2.15, P > 0.99.$$

Постоянные Тиссерана периодических комет «семейства Урана» и эволюция их блеска и орбит. При исследовании эволюции ор-

Таблица 2. Распределение далеких узлов кометных орбит в интервале 17.36—20.83 а. е. относительно 67 плоскостей

I, град	W, град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	6											
9.59	4	4	2	4	5	6	6	7	6	7	2	3
19.47	3	2	4	3	3	5	8	6	5	4	1	1
30	2	4	3	1	1	6	6	4	5	4	2	2
41.81	3	3	4	1	1	5	5	4	4	4	1	2
56.44	4	3	4	2	2	3	4	3	5	4	2	2
90	5	3	4	3	2	3						

Таблица 3. Результаты тестирования MOID по 67 «псевдоуранам» для случая <0.5 а. е.

I, град	W, град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	4											
9.59	1	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3	3
19.47	3	1	1	1	2	2	2	2	3	2	3	4
30	4	2	2	2	1	2	3	1	2	2	1	2
41.81	4	3	2	1	2	2	3	1	1	1	2	4
56.44	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2
90	1	2	1	0	2	0	0					

бит большинства рассматриваемых 13 комет за весьма большой промежуточный период времени О. В. Калиничева и В. П. Томанов в работах [9, 10] нашли два тесных сближения с Ураном. Этот вопрос будет обсуждаться ниже, а здесь проанализируем величину постоянной Тиссерана в системе Солнце — Уран. Если за основу расстояния принять значение большой полуоси Урана, то эта постоянная будет определяться по формуле

$$C = a^{-1} 2(q(1 - e))^{1/2} \cos i.$$

Если рассматриваемые кометы, или часть из них, динамически связаны с Ураном, можно ожидать выполнения двух условий:

1. Значения C для комет не должны превышать значения $C = 3$ для самого Урана.

2. Дисперсия значений C относительно Урана должна быть значительно меньше, чем относительно других планет.

Оба условия являются необходимыми, но недостаточными для исследуемой гипотезы о динамической связи комет с Ураном. Для сравнения мы остановились на трех планетах, с которыми, по мнению авторов работ [9, 10], рассматриваемые кометы могли иметь какую-то связь — Сатурн, Юпитер и Земля.

Значения C для 13 комет относительно Урана приведены в табл. 1. Видно, что первое условие для них выполняется. Кроме того, по ним

можно получить среднее и его среднее квадратичное отклонение:

$$C_{\text{cp}} = 2.53, \quad \sigma = 0.55.$$

Для сравнения заметим, что в указанных трех системах значения C_{cp} и σ составляет 2.10 и 0.93; 2.19 и 1.33 а также 4.07 и 3.13 соответственно. Применение критерия Фишера — Снедекера [5] показывает, что при уровне значимости 0.05 наблюдаемые значения F -функции (5.78, 2.83 и 32.18) применительно к системе Урана превышают критическое (2.69) применительно к системам Сатурна, Юпитера и Земли. Кроме того, значения C_{cp} в случае Урана намного ближе к оптимальному значению (3), чем в остальных трех случаях. Все это говорит о том, что значения постоянной Тиссерана 13 рассматриваемых комет в системе Урана расположены в более удачном участке, нежели в остальных трех. Это означает, что если речь идет о захвате рассматриваемых комет в различных вариантах, предпочтение следует отдать не Сатурну, Юпитеру или Земле, а именно Урану.

При попытке изучения орбит некоторых комет из данной категории в прошлом в работах [9, 10], на наш взгляд, был упущен из вида весьма немаловажный момент. Наблюдения показывают, что периодические кометы в каждом обороте вокруг Солнца теряют абсолютный блеск как минимум на 0.1^m . Если за последние 5000 лет орбиты «урановых» комет существенно не изменились, то они за это время должны были совершить от 77 (комета 167P) до 183 (27P) оборотов вокруг Солнца. Это означает, что они 5000 лет назад имели яркости, превышающие их нынешние яркости как минимум на $7.7\text{—}18.3^m$. Тогда непонятно, почему же сведения о таких кометах, яркости которых были сравнимы с яркостью Луны, не попадали в исторические хроники, и почему такие яркие периодические кометы не наблюдаются в нынешние времена. Либо потеря блеска нами завышена как минимум на порядок, либо расчеты эволюции кометных орбит в сторону прошлого содержат немало условностей. За указанный в работах [9, 10] срок исследования эволюции кометных орбит должны были быть получены либо первоначальные параболические орбиты, либо орбиты, связанные с поясом Койпера. Поэтому можно полагать, что такие расчеты не всегда дают основания для какого-либо заключения космогонического характера.

Уран и долгопериодические кометы. Исследуя орбиты 1080 долгопериодических комет относительно плоскости движения Урана, мы получили, что среди них есть 20 комет, орбиты которых пересекают эту плоскость в интервале 18.73—19.81 а. е. Описанное выше тестирование плоскостей 67 «псевдоуранов» привело нас к данным, приведенным в табл. 4 ($N = 20$, $\bar{n} = 12.19$, $\sigma = 3.57$, $t = 2.19$).

Как видно, по количеству пересечений плоскость Урана подавляет все рассматриваемые плоскости. Аналогичная картина получается и в случае подсчета частот пересечений с учетом последовательных исключений повторных вариантов. Этот вариант подсчетов независимых

Таблица 4. Распределение далеких узлов кометных орбит в интервале 18.73—19.81 а. е.

I, град	W, град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	13											
9.59	5	13	14	19	9	15	11	8	16	11	9	12
19.47	10	11	16	12	8	15	13	10	9	6	13	6
30	6	10	14	16	10	9	12	13	11	21		12
41.81	13	15	12	7	18	13	18	19	15	13	12	16
56.44	13	7	17	11	16	7	6	11	15	12	14	10
90	9	15	16	14	16	8	9					

Таблица 5. Частоты кометных пересечений в интервале 18.73—19.81 а. е., умноженные на 1000

I, град	W, град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	12											
9.59	5	10	12	15	7	10	9	7	9	6	4	8
19.47	9	6	13	5	5	15	7	6	8	6	9	7
30	6	8	11	13	10	9	13	9	7	24	13	13
41.81	9	19	10	16	18	11	13	10	10	9	13	18
56.44	11	6	13	10	16	7	5	10	12	13	14	10
90	9	9	14	14	15	8	8					

пересечений описан в работе [7]. Его результаты приводятся в табл. 5. Независимые частоты, вычисленные по схеме, описанной в работе [7], дают следующие дисперсионные величины:

$$H = 0.019, H_{cp} = 0.010, \quad = 0.004, t = 2.12, \quad > 0.99.$$

С большой долей вероятности это означает, что планета имеет определенное влияние на эволюцию системы долгопериодических комет.

Остается добавить, что выделенная группа из 20 долгопериодических комет еще и характеризуется концентрацией восьми далеких узлов в узких интервалах 71—80 и 266—271 . Примерно такая же картина наблюдается в распределении перигелиев. В интервалах долгот 60—85 и 248—280 расположены перигелии пяти и двух комет соответственно.

Кометные группы Урана и эруптивная концепция. После того как нам удалось привести новые аргументы в пользу существования семейств Урана как периодических, так и долгопериодических комет, посмотрим, как они согласуются с эруптивной концепцией Лагранжа — Всехсвятского. Как показано в работах [2, 3], специфичность поло-

жения оси вращения планеты налагает жесткие условия на возможность выброса наблюдаемых частиц или веществ из системы спутников Урана. Когда планета находится в долготах 76 и 256, ось ее вращения направляется в сторону Солнца. Частица или вещество, выброшенное в направлении апекса спутника именно в этих положениях планеты, имеет шансы на границе сферы ее действия оказаться в направлениях антиапекса движения Урана. При определенных скоростях это вещество получает орбиту, пересекающую сферу видимости с Земли. Этот вопрос подробно изучался в работах [2, 3]. Долготы и далеких узлов, и перигелиев как периодических, так и долгопериодических комет в целом находятся в согласии с эруптивной концепцией. В этом сценарии наихудшие условия для выброса наблюдаемого вещества из спутников Урана создаются вблизи направлений 166 и 346. Однако для окончательного утверждения эруптивного происхождения урановых комет, кроме упомянутого расположения афелиев и узлов кометных орбит, следовало бы искать и другие аргументы.

Кстати, под эруптивной концепцией можно подразумевать не только вулканические процессы. При бомбардировках спутников Урана телами из пояса Койпера в гелиоцентрическое пространство могут выбрасываться ледяные фрагменты большого размера. И в этом случае предложенный механизм, связанный с конфигурацией оси вращения планеты и вектора ее скорости, остается в силе. Кроме того, в одном варианте [6] этой концепции предусматривается вариант, когда из спутника в планетоцентрическое пространство с небольшой начальной скоростью выбрасывается дисперсное вещество, которое впоследствии аккумулируется в кометные ядра. На дальнейшем этапе в результате возмущений со стороны спутников эти ядра получают дополнительные скорости и выходят за рамки планетоцентрического пространства. При такой схеме требуемые начальные скорости оказываются практически на порядок меньше тех, которые получили Калиничева и Томанов [10].

Анализ алгоритма начальных скоростей для выбросов из спутников Урана наблюдаемых периодических комет, описанный в работе [10], показывает также его другие недостатки.

1. Эта схема, по-видимому, заимствована из работы В. В. Радзиевского [13] и применима для случая, когда спутники движутся в той же плоскости, что и планета. В этой схеме игнорируется картина, которая создается на долготах Урана, где минимальный угол между плоскостью движения спутника и радиусом-вектором планеты между собой резко отличается.

2. Алгоритм игнорирует варианты, когда вещество с небольшой начальной скоростью выбрасывается на почти круговую орбиту, которая потом в результате пертурбации со стороны того же Урана преобразуется на финитную. Кстати, рассмотренные значения постоянной Тиссерана вовсе не противоречат такой схеме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе мы нашли ряд дополнительных доказательств в пользу существования семейств Урана как периодических, так и долгопериодических комет. Ограниченность данных и вытекающую из нее неопределенность статистических выводов мы старались компенсировать разнообразием примененных методик и расчетов, в том числе тестированием кометных данных. Практически все они позволяют утвердительно ответить на вопрос о том, существует ли семейство Урана. Безусловно, нельзя утверждать, что все 13 периодических комет своим происхождением обязаны данной планете. Это утверждение больше всего может касаться той части периодических комет, у которых значения MOID и далекие узлы орбит расположены в определенных интервалах, связанных с Ураном. То же самое можно говорить относительно выбранных долгопериодических комет. Значения постоянной Тиссерана, безусловно, благоприятствуют данному утверждению, хотя они не до конца определяют генезис рассматриваемых комет. Направления линий апсид и узлов орбит как периодических, так и долгопериодических комет качественно согласуются с эруптивной концепцией происхождения комет. Сегодня вопрос о кометном семействе Урана как предмет научной задачи не менее актуален, чем в период публикации работ [2, 3].

1. *Всехсвятский С. К.* Природа и происхождение комет и метеорного вещества. — М.: Просвещение, 1967.—182 с.
2. *Всехсвятский С. К., Гулиев А. С.* Система комет Урана — пример эруптивной эволюции спутников планет // *Астрон. журн.*—1981.—**59**, № 3.—С. 630—635.
3. *Всехсвятский С. К., Гулиев А. С.* Особенности и происхождение кометного семейства Урана // *Проблемы космич. физики.*—1982.—Вып. 18.—С. 19—25.
4. *Всехсвятский С. К., Гулиев А. С.* Замечания к статье Л. Кресака «Спутники Урана и гипотеза извержения комет» // *Астрон. вест.*—1983.—**17**, № 1.—С. 32—34.
5. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая шк., 2000.—479 с.
6. *Гулиев А. С.* К эруптивной концепции происхождения комет // *Докл. АН Азерб. ССР.*—1987.—**43**, № 10.—С. 12—15.
7. *Гулиев А. С., Набиев Ш. А.* Плутон и кометы. 1. Существует ли группа комет, связанная с Плутоном // *Кинематика и физика небес. тел.*—2001.—**18**, № 6.—С. 525—531.
8. *Казимирчак-Полонская Е. И.* О роли Нептуна в преобразованиях кометных орбит // *Астрометрия и небес. механика. Сер. Проблемы исследования Вселенной.* — М-Л., 1978.—С. 384—417.
9. *Калиничева О. В., Томанов В. П.* Динамическая связь комет с планетами. — Вологда: ВГПУ, 2008.—190 с.
10. *Калиничева О. В., Томанов В. П.* К вопросу о динамической связи комет с Ураном // *Кинематика и физика небес. тел.*—2012.—**28**, № 1.—С. 25—33.
11. *Кресак Л.* Спутники Урана и гипотеза извержения комет // *Астрон. вест.*—1983.—**17**, № 1.—С. 27—31.

12. *Томанов В. П.* О семействе комет Урана // Динамика галактических и внегалактических систем. — Алма-Ата, 1983.—С. 98—103.
13. *Радзиевский В. В.* Небесно-механические аспекты эруптивной гипотезы // Астрон. вест.—1979.—**13**, № 1.—С. 32—41.
14. *Резников Е. А.* О происхождении комет семейства Урана // Тр. Казан. обсерватории.—1989.—Вып. 52.—С. 109—113.
15. *Brand J. C., Chapman R. D.* Introduction to comets. — Cambridge: University Press, 2004.—471 p.
16. *Crommelin A. C. D.* The astronomical work of Jont S. Plaskert // J. Astron. Soc. Canada.—1930.—P. 217—232.
17. *Hansen J. V.* The orbits of comets // Popular Astronomy.—1944.—**52**.—P. 370—378.
18. *Marsden B. G.* Searches for planets and comets // Astron. Soc. Pacif. Conf. Proc.—1996.—**107**.—P. 193—207.—(Completing the Inventory of the Solar System / Eds T. W. Rettig, J. M. Hahn).
19. *Marsden B. G., Williams G. V.* Catalogue of cometary orbits: 17th edition. — Cambridge: IAU, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 2008.—197 p.
20. *Opik E. J.* Comet families and transneptunian planet // Irish. Astron. J.—1971.—**10**, N 1-2.—P. 35—92.
21. *Russel H. N.* On the origin of periodic comets // Astron. J.—1920.—**33**, N 7.—P. 49—60.
22. *Wilson H. C.* The comet families of Saturn, Uranus and Neptune // Popular Astron.—1909.—**17**.—P. 629—633.

Статья поступила в редакцию 02.07.12