

УДК 523.66

Об одном варианте гипотезы межзвездного происхождения комет

А. С. Гулиев

Критически рассматривается модификация В. В. Радзиевского и В. П. Томанова гипотезы Лапласа о происхождении долгопериодических комет. Показано, что некоторые аргументы в пользу этой концепции являются результатом недостаточно строгого статистического подхода к материалам наблюдений.

ON A VERSION OF THE HYPOTHESIS OF INTERSTELLAR ORIGIN OF COMETS, by Guliev A. S.—Modification by V. V. Radzievskij and V. P. Tomanov of the Laplace hypothesis on the origin of long-period comets is criticized. Some arguments in a favour of this hypothesis are shown to be the results of insufficiently strict statistical approach to observational data.

В книге «Изложение системы мира», изданной в 1796 г. в Париже, Лаплас высказал идею о том, что кометы захватываются Солнцем из межзвездного пространства. В этой гипотезе ничего не было сказано о природе и механизме формирования кометных ядер. Тем не менее она заложила фундамент кометной космогонии. Лаплас предполагал, что кометы движутся вокруг Солнца по гиперболическим орбитам, мало отличающимся от парабол в наблюдаемой части. Он допускал, что сопротивление межпланетной среды, а также притяжение планет превращают многие гиперболические орбиты в очень вытянутые эллипсы, большая ось которых намного меньше радиуса «сферы активности Солнца».

В настоящее время ошибочность предположения о начальных гиперболических эксцентриситетах не вызывает сомнения. Тем не менее гипотеза межзвездного происхождения комет до сих пор не потеряла своей популярности. Для преодоления ее главного недостатка — отсутствия комет с $e > 1$ предлагаются различные механизмы. В данной работе автор поставил цель — используя данные наблюдений, проанализировать один из таких механизмов, предложенный В. В. Радзиевским и В. П. Томановым [5, 6]. Эти авторы предполагают, что в недалеком прошлом Солнце проходило через газо-пылевое облако и захватило часть его. Захваченные частицы сталкиваются в направлении антиапекса движения Солнца, в результате чего погашается их гиперболический избыток скорости. Частицы слипаются в единое кометное ядро, которое удаляется в афелий новой орбиты. В указанных работах авторы рассматривали только небесномеханическую сторону этого процесса и установили ряд следствий, вытекающих из этого механизма.

Физический анализ этого процесса дан в [11, 12], где показано, что процессы слипания частиц и погашения их гиперболического избытка скорости являются взаимоисключающими. Гиперболический избыток скорости может ликвидироваться только тогда, когда имеет место лобовое столкновение частиц. Однако при этом невозможно слипание и образование монолитного кометного ядра. В лучшем случае сталкивающиеся частицы создадут рой, движущийся по кометной орбите. Согласно [13], дальнейшая конденсация этого облака в единое кометное ядро неосуществима. Ради справедливости надо отметить, что эту трудность заранее видели и отметили сами авторы.

Одной из слабых сторон этой гипотезы является то, что она налагает очень жесткое условие на возраст долгопериодических комет. Он должен быть настолько мал, чтобы за это время направление апекса Солнца заметно не изменилось. Эта предпосылка не согласуется с

наблюдательными данными. В системе долгопериодических комет существует значительное количество объектов, имеющих слабый абсолютный блеск. Одной из причин этого, безусловно, является то, что они совершили много проходов через внутреннюю часть Солнечной системы. Кстати, сами авторы косвенно признают это реальное обстоятельство. В некоторых работах они включают кометы с $q < 0.1$ а. е. из статистических исследований, считая, что эти кометы быстро гибнут из-за малого перигелийного расстояния. Однако для того чтобы газопродуктивность ядер этих комет полностью прекратилась, они должны совершить много проходов через перигелий. За время такой эволюции ядер комет направление аперкса должно существенно измениться. Более того, если Солнце вращается не только вокруг центра Галактики, но и участвует в другом, «локальном» вращении [4], то задача усложняется еще больше, так как в этом случае изменение координат аперкса должно произойти намного быстрее. С другой стороны, если считать, что все наблюдаемые кометы имеют одинаковый возраст, то можно ожидать корреляционную зависимость между абсолютной звездной величиной (H_{10}) и периодом обращения этих объектов. Сопоставление этих двух параметров для тех комет, первоначальные орбиты которых достаточно хорошо известны [15], показывает, что подобная зависимость отсутствует.

Предположим, что все вышеуказанные трудности преодолимы и рассмотрим некоторые следствия, вытекающие из этой гипотезы, учитывая данные наблюдений.

1. Одним из основных следствий, вытекающих из рассматриваемой модификации гипотезы Лапласа, является предсказание концентрации перигелиев долгопериодических комет вблизи аперкса пекулярного движения Солнца ($\lambda = 270^\circ$, $\beta = 53.5^\circ$). Тогда, если эта концентрация подтвердится всеми правилами статистики, то она даст преимущество обсуждаемой гипотезы по сравнению с другими. Поставим вопрос следующим образом: как расположены перигелии орбит долгопериодических комет на небесной сфере и в какой ее области существует сгущение перигелиев? Для решения этой задачи В. П. Томанов [9] пользуется методом Натансона. Суть его сводится к следующему. Перигелии рассматриваются как материальные точки единичной массы, расположенные на поверхности сферы. Тогда центр инерции этой системы и есть точка, вблизи которой наблюдается концентрация перигелиев. Координаты этого центра определяются из уравнений:

$$NR \cos L \cos B = \Sigma \cos L_i \cos B_i,$$

$$NR \sin L \cos B = \Sigma \sin L_i \cos B_i, \quad (1)$$

$$NR \sin B = \Sigma \sin B_i,$$

где N — количество перигелиев, входящих в статистику, L и B — искомые координаты, L_i и B_i — координаты перигелиев кометных орбит и R — степень концентрации.

С. Г. Натансон [3], используя 345 кометных орбит, нашел следующие координаты: $L = 273.1^\circ$, $B = 64.6^\circ$ ($R = 0.123$). В. П. Томанов, используя большее количество орбит, получил $L = 280.2^\circ$, $B = 62.5^\circ$ ($R = 0.134$). Взяв данные последнего издания кометного каталога [14], мы вычислили следующие координаты: $L = 260.8^\circ$, $B = 67.6^\circ$ ($R = 0.129$). Итак все полученные координаты близки к координатам аперкса Солнца. Многие авторы рассматривают это обстоятельство как сильный аргумент в пользу гипотезы межзвездного происхождения комет. Однако никто не обратил внимание на весьма низкое значение величины R . Нетрудно убедиться, что она меняется в пределах от нуля (когда точки строго симметричны относительно большого круга небесной сферы) до единицы (когда все точки совпадают). Все полученные значе-

ния намного ближе к 0, чем к 1. Поэтому специалистам, настаивающим на наличии концентрации перигелиев вблизи какой-либо точки, придется либо признать малоопределенность полученных значений R , либо найти соответствующий критерий для их обоснования. Однако нельзя забывать, что некоторое отклонение R от нуля могло бы быть следствием асимметричного распределения перигелиев в северном и южном полушариях, что не противоречит условиям открытия комет.

Для проверки достоверности наличия или отсутствия обсуждаемой концентрации можно пользоваться другими способами. Проверим нулевую гипотезу о том, что перигелии орбит долгопериодических комет концентрируются вблизи точки с координатами L и B . Принимаем следующие величины:

$$\Delta L_i = \begin{cases} |L_i - L| & \text{если } |L_i - L| \leq 180^\circ \\ 360^\circ - |L_i - L| & \text{если } |L_i - L| > 180^\circ \end{cases},$$

$$\Delta B_i = |B_i - B|.$$

Если исходная гипотеза верна, то между величинами ΔL_i и ΔB_i (или же $\sin \Delta B_i$) должна существовать значимая корреляционная зависимость. Задавая разные значения для L и B , мы решили задачу для 40 точек небесной сферы. Бралась точки с долготой $250^\circ, 260^\circ, 270^\circ$ и 280° и с широтой $0^\circ, 10^\circ, \dots, 90^\circ$. В статистике использованы данные каталога [14]. Во всех рассматриваемых случаях значения коэффициента корреляции оказались очень низкими. Их значимость, определяемая по распределению Стьюдента, оказалась в пределах ошибок. Это означает, что нулевую гипотезу для рассматриваемой области небесной сферы можно отвергнуть.

Что же можно говорить о распределении перигелиев орбит долгопериодических комет по небесной сфере? Низкое значение R , а также концентрация долгот перигелиев L_i вблизи двух противоположных долгот (90° и 270°) дает основание предполагать, что перигелии концентрируются вблизи большого круга небесной сферы, перпендикулярного к плоскости эклиптики. Видимо, сгущение наблюдается в слое или плоскости, пересекающих эклиптику вблизи долгот 90° и 270° . Независимо от того, насколько достоверно это предположение, все вышеприведенное показывает, что нет должного согласия между обсуждаемой гипотезой и распределением перигелиев орбит долгопериодических комет.

2. Рассматривая динамические характеристики кометных ядер, полученных в результате гравитационной фокусировки, авторы [6] показали, что перигелии орбит этих тел должны распределяться по закону

$$N(\theta) = \frac{N}{2} \sqrt{1 - \cos \theta} \quad (2)$$

или близкому к нему. Точнее, если выражаться языком статистики, отклонение теоретического распределения от наблюдаемого должно находиться в пределах ошибок. Здесь θ — угловое расстояние перигелия от апекса, N — полное количество перигелиев. Проверка этого следствия осуществляется в работах В. П. Томанова [7, 8]. Он разделяет небесную сферу на 4 равновеликие зоны (два сегмента и два пояса) так, чтобы на вершине одного из сегментов оказался апекс Солнца. Далее определяется количество перигелиев в каждой зоне. Наибольшее количество перигелиев наблюдается в сегменте с апексом на вершине, наименьшее — в противоположной зоне. В этом автор видит некое согласие гипотезы с наблюдением.

Сразу отметим, что такой способ проведения статистики ни на чем не основан. Прежде всего нужно определить оптимальное количество зон, которое В. П. Томановым принимается произвольно. Разде-

ление сферы только на четыре зоны приводит к грубой статистике, а большое число зон может привести к ложным экстремумам. Кстати, в математической статистике на этот счет есть вполне четкое правило Стерджеса [2], согласно которому оптимальное количество интервалов в статистических исследованиях определяется по формуле: $n=1+3.322 \lg N$, а длина интервала $h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n}$, где X_{\max} и X_{\min} — максимальное и минимальное значения $\cos \theta$ для данного случая. Следовательно, при нынешнем количестве перигелиев оптимальное количество равновеликих зон на небесной сфере — 10 (два сегмента и восемь поясов).

Разделив небесную сферу подобным образом, мы подсчитали количество перигелиев в каждой зоне с помощью стереографической сетки Вульфа. Результаты приводятся в таблице, где сравниваются теоретическое N_i (полученное по формуле (2)) и наблюдаемое N_i' распределения количества перигелиев. Для сравнения этих двух распределений используется критерий χ^2 Пирсона, в котором для проверки нулевой гипотезы принимается случайная величина $\chi^2 = \sum \frac{(N_i - N_i')^2}{N_i'}$. В качестве нулевой гипотезы принимаем, что при уровне значимости 0.95 теоретическое и наблюдаемое распределения согласуются. Расчеты показывают, что $\chi^2_{\text{набл}}$ почти в 50 раз превышает $\chi^2_{\text{теор}}$, что дает полное основание отвергнуть нулевую гипотезу. Проанализируем детально данные этой таблицы. В первой зоне (окрестность апекса Солнца) содержатся 82 кометы. Это почти в два раза меньше теоретического значения. Одного этого достаточно, чтобы убедиться в расхождении между распределениями N_i и N_i' . Кроме того, 9 комет, перигелии которых входят в эту зону, составляют семейство Крейца. Есть веские основания [1, 16] считать, что эти объекты являются фрагментами одного крупного кометного ядра, разделившегося вблизи Солнца. Поэтому можно утверждать, что во второй зоне содержится даже несколько больше перигелиев, чем в первой. Расхождения имеют место не только в первой зоне. В зонах 6—8 значение N_i' почти в полтора раза превышает значение N_i . Это дает основание считать, что распределение N_i' не согласуется с положениями обсуждаемого варианта гипотезы межзвездного происхождения комет.

Распределение количества перигелиев долгопериодических комет по θ

Номер зоны	Интервал θ , град.	N_i	N_i'	$\frac{(N_i - N_i')^2}{N_i'}$
1	0— 36.9	186	82	58.12
2	37— 53.1	77	82	0.32
3	53.2— 66.4	60	66	0.60
4	66.5— 78.4	49	55	0.73
5	78.5— 90.0	45	59	4.36
6	90.1—101.6	40	56	6.40
7	101.7—113.6	36	49	4.69
8	113.7—126.9	34	56	14.23
9	130.0—143.1	32	47	7.03
10	143.2—180	30	38	2.13
Сумма		589	589	98.61

Мы рассмотрели 36.9-градусные окрестности 20 точек небесной сферы и определили количество перигелиев в них для сравнения с апексной зоной. Координаты этих точек приведены ниже:

Количество перигелиев в окрестностях 20 точек небесной сферы

L, B	90°; 0°	90°; 17.5°	90°; 37°	90°; 53.5°	105°; —17.5°
N'_i	61	69	81	79	74
L, B	105°; 0°	105°; 17.5°	105°; 37°	105°; 53.5°	270°; —17.5°
N'_i	77	70	87	83	83
L, B	270°; 0°	270°; 17.5°	270°; 37°	270°; 53.5°	270°; 90°
N'_i	96	112	101	82	83
L, B	285°; —17.5°	285°; 0°	285°; 17.5°	285°; 37°	285°; 53.5°
N'_i	79	96	112	117	83

Отметим, что выбор точек произведен весьма произвольно. Тем не менее данные этой таблицы указывают на то, что на небесной сфере есть области, достаточно далекие от апекса, где количество перигелиев примерно такое же, как в апексной зоне, а в некоторых областях их даже значительно больше.

3. В случае справедливости идеи В. В. Радзиевского и В. П. Тома-нова между величинами θ и H_{10} долгопериодических комет должна наблюдаться корреляционная зависимость. По данным [8], в апексной четверти $\bar{H}_{10} = 6.20^m$, а в противоположной зоне — $\bar{H}_{10} = 6.88^m$. Но нужно учесть, что сама величина H_{10} определяется с ошибкой, достигающей в ряде случаев 1^m . При сравнении этих значений обязательно нужно учесть их средние квадратичные отклонения.

Проверим это следствие на другой статистической основе. Ниже приводятся значения \bar{H}_{10} и их средние квадратичные отклонения для всех 10 зон по данным [10]. Проверим статистическую гипотезу о том,

Распределение \bar{H}_{10} и \bar{q} , а также их средних квадратичных отклонений

Номер зоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество перигелиев	77	72	66	47	57	56	42	49	43	36
\bar{H}_{10}	6.50	6.08	6.35	6.25	7.04	6.65	6.82	6.76	7.06	6.82
$\sigma_{\bar{H}_{10}}$	2.07	2.25	2.91	1.91	2.44	2.34	2.77	2.20	2.29	2.95
\bar{q}	1.031	1.110	1.075	1.066	1.295	1.081	1.061	1.042	0.896	1.065
σ_q	0.948	0.869	0.929	0.707	1.343	1.059	0.640	0.934	0.538	0.948

что при уровне значимости 0.95 разность \bar{H}_{10} для первой и последней зон не случайна. Если она верна, то нормированная разность $z = (6.82 - 6.50) / \sqrt{\frac{2.07^2}{77} + \frac{2.95^2}{36}} = 0.59$ должна превышать критическое значение z для данного уровня значимости (1.96) [2]. Однако это условие не выполняется. Следовательно, предполагаемая корреляция между H_{10} и θ в том виде, как это вытекает из обсуждаемого механизма, отсутствует.

4. Наконец, рассмотрим еще одно следствие этой гипотезы происхождения долгопериодических комет. Как показано в [6], в случае справедливости этого механизма между величинами \bar{q} (среднее значение перигелийных расстояний) и θ должна быть следующая корреляционная зависимость: $\bar{q} = c \sin^2 \theta$, где c — постоянная. Распределение $\bar{q}(\theta)$ приводится в таблице. Формально это требование для комет с малыми θ в какой-то степени удовлетворяется. В последней зоне оно, наоборот, нарушается. Статистические расчеты показывают, что отклонения максимального \bar{q} от значений, соответствующих первой и последней зонам, находятся в пределах ошибок.

В данной работе мы обратили внимание на некоторые несоответствия одной из модификаций гипотезы межзвездного происхождения долгопериодических комет результатам наблюдений. Возможно,

преждевременно считать, что эти несоответствия отвергают гипотезу в целом. Но, по нашему мнению, гипотеза сталкивается с более серьезными трудностями небесномеханического и астрофизического характера, чем другие наиболее популярные концепции.

1. Добровольский О. В. К родословной кометного семейства Крейца.— Докл. АН ТаджССР, 1978, вып. 12, с. 15—17.
2. Иванова В. М., Калинина В. Н., Нешумова Л. А., Решетникова М. О. Математическая статистика.— М.: Высш. шк., 1981.—371 с.
3. Натансон С. Г. О происхождении комет.— Тр. астрон. обсерватории Петрогр. ун-та, 1923, 4, с. 18—24.
4. Радзиевский В. В., Медведева Е. В. Звездный вихрь в районе апекса Солнца.— Астрон. журн., 1973, 50, с. 747—756.
5. Радзиевский В. В., Томанов В. П. К вопросу о происхождении почти параболических комет.— Астрон. журн., 1970, 47, с. 1094—1099.
6. Радзиевский В. В., Томанов В. П. Новые данные в пользу межзвездного происхождения комет.— Астрон. вестник, 1973, 7, вып. 2, с. 73—82.
7. Томанов В. П. Новые статистические закономерности в системе долгопериодических комет.— Астрон. вестник, 1973, 7, вып. 2, с. 83—87.
8. Томанов В. П. К статистике кометных орбит.— Кометы и метеоры, 1974, вып. 23, с. 8—11.
9. Томанов В. П. Апекс Солнца относительно протокометного облака.— Астрон. журн., 1976, 53, с. 647—654.
10. Томанов В. П. Космогонические характеристики почти параболических комет.— Кометы и метеоры, 1982, вып. 33, с. 3—26.
11. Шульман Л. М. Физические аргументы против Литтлтоновской схемы образования комет.— Комет. циркуляр, 1978, № 239, с. 2—3.
12. Шульман Л. М. О невозможности образования комет по схеме Литтлтона.— Астрометрия и астрофизика, 1980, вып. 40, с. 69—73.
13. Шульман Л. М. Возможна ли альтернативная модель кометного ядра.— Астрометрия и астрофизика, 1981, вып. 44, с. 43—51.
14. Marsden B. G. Catalogue of cometary orbits.— Cambridge: Smithsonian Astrophys. Observ., 1982.—98 p.
15. Marsden B. G., Sekanina Z. and Everhart E.— New osculating orbits for 110 comets and analysis of original orbits for 200 comets.— Astron. J., 1978, 83, p. 64—71.
16. Sekanina Z. On the origin of the family of sungrazing comets.— Bull. Astron. Inst. Czech., 1967, 18, 3, p. 198—199.

Нахичеванский научный центр
АН АзССР

Поступила в редакцию
16.07.1984

РЕФЕРАТ ПРЕПРИНТА

УДК 523.035.332

В. А. Кроль

К ВОПРОСУ О РЕНТГЕНОВСКОМ ИЗЛУЧЕНИИ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ГАЛАКТИК И ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИХ МАСС

(Препринт ИТФ—84—93Р)

Исследуется рентгеновое излучение от эллиптических галактик, входящих в состав скопления или отдельных групп галактик. Получены аналитические выражения для светимости, спектра излучения, поверхностной яркости в случае, когда излучающий горячий газ имеет степенной профиль плотности и температуры. Получено также аналитическое выражение для расчета полной массы эллиптических галактик, включая невидимую компоненту, при условии гидростатического равновесия излучающего газа в гравитационном поле галактики.