

Г.В. Жуков, М.Г. Ишмухаметова, Е.Д. Кондратьева, Е. Масленникова  
Казанский государственный университет

## МЕТЕОРНЫЙ РОЙ ПЕРСЕИД ПО НАБЛЮДЕНИЯМ КОМЕТЫ СВИФТА – ТУТТЛЯ

### Введение

Метеорный комплекс Солнечной системы существенно влияет на физико-химические процессы, протекающие в верхних слоях атмосферы и оказывающие непосредственное влияние на биосферу Земли. Метеорное вещество оказывает воздействие на возбуждение и ионизацию атомов атмосферы, влияет на ее прозрачность и диффузию. Проблема накопления и оттока метеорной пыли связана с выпадением метеорного вещества на поверхность Земли. Количество столкновений метеороидов с молекулами атмосферы и метеоритов с поверхностью Земли значительно увеличивается в период действия метеорных потоков. По оценкам различных авторов приток метеорного вещества в систему Земля – Луна в интервале масс от  $10^{-8}$  г до 10 г колеблется между 50 – 100 т в сутки, из которых примерно 20 т дают метеорные потоки в период их максимума. Как видим из табл. 1, суммарный вклад только пяти ежегодно активных потоков составляет в год около 2 – 3 т притока вещества, причем с учетом продолжительности действия наибольший вклад дает метеорный

поток	Период действия	кг/сут.
Квадрантиды	1 – 5 января	475
Лириды	25 апреля -5 мая	160
Персеиды	1 – 25 августа	730
Ориониды	10 – 20 октября	16
Геминиды	10 – 18 декабря	840

Табл. 1. Принос вещества метеорными потоками.

поток Персеид. Метеорный поток Персеид или просто Персеиды имеют очень сложную структуру как в поперечном, так и в продольном сечении. Это связано прежде всего с тем, что родительская комета роя - комета Свифта–Туттля 1862 III - до сих пор активна и дает интенсивные выбросы частиц, постоянно изменяя структуру роя. Другая особенность роя состоит в том, что орбиты частиц Персеид имеют очень большой разброс в значениях больших полуосей - порядка  $10 \div 20$  а.е. (астрономических единиц) как для крупных частиц в диапазоне масс до  $10^{-3}$  г, так и для более мелких частиц. Как правило, частицы метеорных роев имеют орбиты, близкие к орбите родительской кометы роя. Возможны следующие причины дисперсии больших полуосей орбит частиц роя. Во-первых, это результат действия гравитационных (возмущения со стороны планетных систем) и негравитационных эффектов (действия излучения солнечного света и его переизлучения, катастрофические столкновения с другими частицами) в течение длительного интервала времени на частицы роя. Степень влияния гравитационных эффектов на изменение размера орбиты зависит от ориентации орбиты частицы относительно плоскости эклиптики, а негравитационных эффектов - от плотности, формы и массы частицы. Во-вторых, причиной может быть характер процесса выброса частицы из ядра кометы, определяющий скорость ее выброса. Чем больше скорость выброса частицы, тем боль-

шее изменение в значении большой полуоси она имеет относительно размера орбиты самой кометы. Для метеорных роев скорость выброса метеорного вещества различна и для большинства из них точно неизвестна. Не исключено, что причиной значительной дисперсии в значениях большой полуоси в рое одновременно являются и длительная эволюция роя, и большие скорости выбросов частиц из ядра родительской кометы.

Целью работы было моделирование образования метеорного роя Персеид при определенных начальных условиях и анализ полученного разброса больших полуосей орбит тестируемых частиц. Начальные условия определяют положение точки выброса на орбите кометы, направление и значение его скорости. Для их уточнения наиболее целесообразно использовать наблюдения родительской кометы роя в момент ее прохождения через перигелий орбиты. Наблюдаемые хвосты и отдельные излияния дают основные направления выбросов, а определения их угловой длины и смещения позволяют оценить скорость истечения вещества, степень активности и интенсивности процесса дезинтеграции кометы.

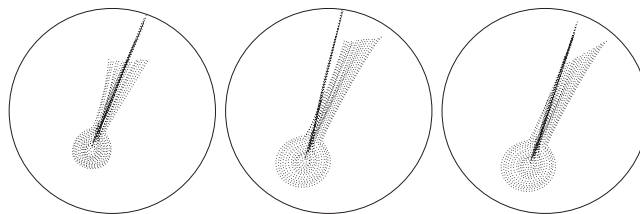


Рис. 1. Комета Свифта–Туттля 1862 г. по рисункам А. Виннеке соответственно по датам 28 /VIII, 1/IX, 4 /IX 1862 г.

### Наблюдения кометы Свифта-Туттля

Комета Свифта-Туттля 1862 III имеет период обращения вокруг Солнца 130 лет и достоверно наблюдалась только два раза - в 1862 и 1992 гг. По наблюдениям в 1992 г. определен радиус ядра кометы, равный  $15 \pm 3$  км (Fomenkova et al., 1995) (это в 34 раза массивнее, чем у известной кометы Галлея). Было отмечено два выброса вещества: в период с 7 по 17 ноября и с 24 по 29 ноября, то есть еще до прохождения кометой перигелия орбиты в декабре 1992 г. При-

T	1862 Aug. 23,4229	1992 Dec. 12,3241
$\omega$	152,7737°	153,0014°
$\Omega$	139,3714°	139,4444°
$i$	113,5664°	113,4265°
$q$	0,962658	0,958220
$e$	0,962798	0,958220
$P$	131	135
$a$	25,87025 а.е.	26,31678 а.е.

Табл. 2. Элементы орбиты кометы Свифта-Туттля 1862 III (угловые элементы орбиты даны на эпоху 2000,0).

чем подтверждено, что положение активных зон выброса на поверхности ядра совпадает с активными зонами, наблюдавшимися в момент сближения кометы с Солнцем в 1862 г. Другие подробные характеристики процесса разрушения кометы в 1992 г. пока широко в печати не публиковались и не обсуждались.

№	Скор. $V$ м/с	$e$	$a$ (а.е.)
1	- 5	0,96234	25,55331
2	- 50	0,95819	23,01694
3	- 150	0,94898	18,86331
4	- 250	0,93979	15,98538
5	- 310	0,93429	14,64712

а) Хвост типа III, перпендикулярный радиус-вектору и направленный против движения кометы.

№	Скор. $V$ м/с	$e$	$a$ (а.е.)	$\omega^\circ$
6	+ 50	0,96280	25,87214	152,6364
7	+ 400	0,96298	25,99152	151, 6754
8	+ 2000	0,96719	29,28632	147,2969
9	+ 3000	0,97269	35,07588	144, 5895
10	+ 4000	0,98033	48,49846	141, 9211

б) Хвост типа I, стелющийся по радиус-вектору и направленный от Солнца.

№	Скор. $V$ м/с	$e$	$a$ (а.е.)	$\omega^\circ$
11	- 100	0,96284	25,87780	153,0522
12	- 800	0,96375	26,36225	154,9943
13	- 1200	0,96475	27,00421	156,0968
14	- 1800	0,96688	28,56955	157,7388
15	- 2000	0,96776	29,28632	158,2827

в) Аномальный хвост, стелющийся по радиус-вектору и направленный к Солнцу.

№	Скор. $V$	$e$	$a$ (а.е.)	$\omega^\circ$	$\Omega^\circ$	$i^\circ$
16	+ 100	0,96280	25,87780	152,8005	139,4386	113,4466
17	+ 500	0,96307	26,06024	152,9059	139,7060	112,9672
18	+ 800	0,96349	26,36225	152,9831	139,9054	112,6074
19	+ 1000	0,96388	26,64731	153,0337	140,0376	112,3674
20	+ 1400	0,96492	27,43851	153,1328	140,3007	111,8874

з) Выброс в плоскости, перпендикулярной плоскости орбиты кометы.

Табл. 3. Элементы орбит гипотетических частиц, выброшенных из кометы Свифта-Туттля 1862 III.

Описания же наблюдений кометы в 1862 г. многочисленны и доступны, дают детальную картину процесса дезинтеграции ядра кометы, они неоднократно были проанализированы и качественно, и количественно. Поэтому в основу моделирования Персеид были взяты результаты наблюдений кометы Свифта-Туттля, полученные в 1862 г.

В появлении кометы Свифта-Туттля летом и осенью 1862 г. астрономам всего мира представилась редкая возможность наблюдать почти все формы дезинтеграции ядер комет. Наиболее полное описание этих процессов было сделано А. Виннеке (Winnecke, 1864) в Пулкове (Санкт-Петербург). Выше приведена часть его рисунков (Рис.). Измеряя положение хвоста, его лучей и отдельных излияний, А. Виннеке установил, что положение хвоста меняется в пределах от  $+5^\circ$  до  $-8^\circ$  от радиуса-вектора (линии, соединяющей Солнце и комету). Он отмечает наличие синхрон в хвосте кометы и ярко выраженный характер излияний: два почти взаимно перпендикулярных направления (*первоист.* «направление на Солнце параллельно вертикальному краю листа»).

Выдающийся русский ученый Ф.А. Бредихин (1982) обращает внимание на аномальный хвост, наблюдавшийся с 30 июля по 6 августа, то есть еще до того, как комета прошла перигелий 23 августа. Кроме того, по классификации Бредихина комета имела прямой хвост I типа и хвост III типа. Скорость истечения вещества из ядра кометы Свифта-Туттля 1862 III по ее наблюдениям в 1862 г. оценивается в пределах от 300 м/с (хвост III тип) до 6000 м/с (хвост I тип) и от 1100 до 3000 м/с (аномальный хвост) (Всехсвятский, 1932). Многочисленные лучевые излияния и колебания блеска говорят о возможности взрывных процессов в ядре кометы.

### Моделирование метеорного роя Персеид

В основу моделирования положены элементы орбит кометы Свифта-Туттля, полученные Б. Марсденом (1995), по двум появлениям кометы в 1862 и 1992 гг., момент прохождения перигелия орбиты  $T$ , долгота перигелия  $w$ , долгота восходящего узла  $\Omega$ , наклон орбиты  $i$ , перигелийное расстояние  $q$  (а.е.), эксцентриситет орбиты  $e$ , большая полуось орбиты  $a$  (а.е.), период обращения кометы  $P$  в годах (табл. 2).

Интегрирование уравнений движения кометы проводилось с учетом возмущений от 8 планет Венера - Плутон с 1862 года на 1000 лет вперед квадратным методом Коуэлла с учетом 8 разностей с переменным шагом от 1,25 до 40 суток. На рассмотренном интервале времени комета не имеет ни одного тесного сближения с большими планетами. Это обстоятельство позволяет моделировать движение гипотетических метеороидов с большим, чем обычно, шагом по скорости выброса, что ведет к уменьшению числа тестируемых частиц.

Согласно с картиной наблюдений кометы, описанной выше, были вычислены элементы орбит гипотетических частиц, выброшенных в перигелии, а для аномального хвоста - в точке орбиты с истинной аномалией  $330^\circ$ , причем значения скоростей выбросов гипотетических частиц варьировались в рассмотренных выше пределах для наблюдаемых хвостов различных типов. Для каждого типа хвоста кометы Свифта-Туттля из всего числа тестируемых частиц в табл. 3 приведены элементы орбиты только для пяти частиц, что вполне достаточно для проведения качественного анализа изменения элементов орбит.

Как видно из табл. 3, наибольший разброс больших полуосей имеют частицы, выброшенные почти перпендикулярно радиусу-вектору кометы против ее движения (хвост III типа, табл. 3а) и выброшенные почти по прямой от Солнца (хвост I типа, табл. 3б). Дисперсия больших полуосей данных гипотетических частиц составляет около 15 а.е., и размер орбит выброшенных частиц значительно отличается от размера орбит родительской кометы. Это значит, что при каждом выбросе вокруг кометы образуется вытянутое вдоль кометной орбиты сгущение частиц, которые порождают интенсивные метеорные потоки, наблюдаемые на Земле в течение нескольких лет подряд. В случае же образования компактного облака пыли вокруг кометы мы наблюдаем на Земле метеорные дожди только в годы, очень близкие к моменту прохождения кометой перигелия.

Это хорошо подтверждают наблюдения потока Персеид. После последнего прохождения кометой Свифта-Туттля перигелия своей орбиты (табл. 2) прошло уже 10 лет, но и в этом году в период с 5 по 15 августа наблюдатели зафиксировали очень высокую активность потока: метеоры были яркие, в максимуме активности было зарегистрировано 500 метеоров в час. Такая высокая активность потока в годы, когда родительская комета уже достаточно далеко ушла от Солнца, отмечена только для метеорного потока Персеид.

### Литература

Бредихин Ф.А. *Этюды о метеорах*. М. Изв. АН СССР. 1954.  
 Бронштейн В.А. *Анализ оценок притока метеорного вещества на Землю. Кометы и метеоры*. 1982. № 32. 10-21.  
 Всехсвятский С.К. К вопросу об аномальных хвостах комет. *Астрономический журнал*. 1932. Т. 9. № 3-4.  
 Fomenkova M., Jones B., Pina R., Puetter R., Sarmecanic J., Gehrz R. Mid-infrared observations on the nucleus and dust of comet P/Swift-Tuttle. *Astronomical J.* 1995. V. 110. 1866-1872.  
 Marsden B. *Catalogue of Cometary Orbits*. Terth Edition, IAU. Central Buren for Astron. Telegram. Minor Planet Center. 1995.  
 Winnecke A. *Pulkowaer Beobachtungen des nerren Cometen von 1862. Memoires de l'Ac. Imp. des Sc. de St. Petersburg*. 1864. S.7. №7.