

УДК 523.532

Академик АН Республики Таджикистан П.Б.Бабаджанов, Г.И.Кохирова, Ю.В.Обрубов*

КОМЕТНАЯ ПРИРОДА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО АСТЕРОИДА

2007CA19

*Институт астрофизики АН Республики Таджикистан,***Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Калужский филиал*

Околоземной потенциально опасный объект 2007CA19 согласно эмпирическому критерию Тиссерана относится к угасшим кометам. Исследование эволюции орбиты этого объекта показывает, что он четырежды пересекает орбиту Земли за один цикл изменения аргумента перигелия от 0 до 360 градусов. Если этот астероид действительно является угасшей кометой, то в прошлом он мог образовать метеороидный рой. Этот рой может породить 4 активных метеорных потока, если дисперсия в аргументах перигелия метеороидов составляет 360 градусов. Используя элементы орбиты 2007CA19 на моменты пересечения с орбитой Земли, были вычислены теоретические радианты возможных метеорных потоков. Поиск ночных потоков по результатам наблюдений показал, что этими потоками могут быть Северные и Южные Эта-Виргиниды. Два дневных потока, возможно связанных с 2007CA19, были выявлены нами из базы данных метеорных орбит Международного Астрономического Союза (МАС). Выявленная взаимосвязь метеороидного роя и объекта 2007CA19 подтверждает его кометное происхождение.

Ключевые слова: орбита – эволюция – околоземной астероид – угасшая комета – метеороидный рой – метеорный поток.

Малые тела внутренней части Солнечной системы с перигелийными расстояниями не более 1.3 а.е. называются околоземными объектами (ОЗО). Сегодня известно почти 10 тысяч ОЗО. Значительная доля популяции ОЗО поступает из главного пояса астероидов, расположенного между орбитами Марса и Юпитера [1]. Такие астероиды являются плотными каменными или железоканненными телами. Другая часть ОЗО является ядрами угасших комет [2], то есть ядрами, которые полностью потеряли легкоплавкую компоненту или покрылись толстой и плотной пылевой корой. Такое состояние приобретают нормальные кометные ядра после многократных прохождений перигелия.

Ядра угасших комет и астероиды, сближающиеся с Землей (АСЗ), практически неотличимы с точки зрения наблюдений, но представляют различную степень опасности при возможных столкновениях с Землей. Угасшие кометы при вторжении в атмосферу Земли дадут явление суперболида и взорвутся до достижения поверхности. Прочные астероиды проникают в атмосферу более глубоко и могут столкнуться с поверхностью Земли. Последнее такое столкновение наблюдалось 15 февраля 2013 г. и получило название Челябинского метеорита. Явление суперболида закончилось выпадением метеорита массой около 300 кг в озеро Чебаркуль. Из-за взрыва в атмосфере в г.Челябинск были выбиты стекла в тысячах домов.

Адрес для корреспонденции: Кохирова Гулчехра Исроиловна. 734042, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул.Бухоро, 22, Институт астрофизики АН РТ. E-mail:kokhirova2004@mail.ru

Таким образом, столкновения астероидов, комет и декаметровых метеороидов с Землей могут иметь катастрофические последствия. Поэтому необходимо разработать критерии определения принадлежности потенциально опасных ОЗО к угасшим кометам или астероидам для оценки последствий возможных столкновений и разработки методов устранения сильных угроз.

Кометы и астероиды, хотя и не очень чётко, можно различить по элементам орбит, то есть динамически. В частности, значения критерия Тиссерана T_j отличаются для большинства комет и астероидов. Критерий Тиссерана, в предположении, что Юпитер является единственным возмущающим телом, вычисляется по формуле [3-4]:

$$T_j = \frac{a_j}{a} + 2 \left[\frac{a}{a_j} (1 - e^2) \right]^{0.5} \cos i, \quad (1)$$

где a_j – большая полуось орбиты Юпитера, a , e , i – большая полуось, эксцентриситет и наклон орбиты рассматриваемого объекта. В настоящее время динамической границей между кометами и астероидами считается значение $T_j=3$ [5].

Предлагаемый нами критерий основан на исследовании принадлежности ОЗО к угасшим кометам, которая может быть подтверждена существованием связанного с ним метеороидного роя, порождённого в период кометной активности объекта. Сейчас этот метеороидный рой может порождать наблюдаемые метеорные потоки. Поэтому существование наблюдаемых метеорных потоков, связанных с ОЗО, является важным свидетельством его возможной принадлежности к угасшим кометам.

Исследование эволюции орбиты астероида 2007СА19

Астероид, сближающийся с Землей и принадлежащий группе Аполлона 2007СА19, был открыт в рамках программы «Каталинская служба неба» 10 февраля 2007 г. и отнесён к потенциально опасным астероидам, так как сближался с Землей на расстояние 0.0002 а.е. Элементы его орбиты и некоторые физические свойства [6] приведены в табл.1, где a – большая полуось, e – эксцентриситет, q – перигелийное расстояние, i – наклон, Ω – долгота восходящего узла, ω – аргумент перигелия, π – долгота перигелия, H – абсолютная звёздная величина, T_j – значение параметра Тиссерана, d – эквивалентный диаметр объекта. Все угловые величины даны в равноденствии J2000.0. Диаметр определён на основе H и геометрического альbedo $p=0.04$, принятого для астероидов типа С.

Таблица 1

Элементы орбиты (2000.0) и физические параметры АСЗ 2007СА19

АСЗ	a (а.е.)	e	q (а.е.)	Q (а.е.)	i (град.)	Ω (град.)	ω (град.)	π (град.)	R_a (а.е.)	R_d (а.е.)	T_j	H	d (км)
2007СА19	2.787	.827	.483	5.11	9.62	174.8	97.6	272.4	.96	.75	2.8	17.6	.90

Поскольку значение $T_j=2.8$ удовлетворяет условию $T_j \leq 3.1$, то орбита 2007СА19 классифицируется как кометоподобная и объект можно рассматривать в качестве кандидата в угасшую или вымершую комету.

Вычисление вековых возмущений орбиты 2007СА19 от всех 8 больших планет было выполнено по методу Альфана-Горячева [7] с учётом взаимных вековых возмущений орбит больших планет на основе тригонометрической теории. Возмущения вычислялись на интервале времени от

-2000 г. до +2000 г. Характер вековой эволюции орбиты 2007CA19 является наиболее типичным для орбит околоземных объектов, которые четырежды пересекают орбиту Земли за один период изменения аргумента перигелия. Длина интервала интегрирования 4000 лет примерно равна одному периоду изменения аргумента перигелия.

Средняя скорость изменения аргумента перигелия составляет 9 град/100 лет, а скорость изменения долготы перигелия 0.75 град/100 лет. Эксцентриситет и наклон имеют периодический характер изменения, причём длина периода также составляет 4000 лет. При этом эксцентриситет изменяется в пределах от 0.71 до 0.83, а наклон от 8.5 до 37.8 град.

Из всего множества метеороидов роя с Землей могут столкнуться только те из них, радиус-векторы узлов орбит которых равны радиус-вектору Земли, то есть примерно 1 а.е. Это условие можно записать в виде:

$$R_{a,d} = \frac{a(1-e^2)}{1 \pm e \cos \omega} \approx 1 \text{ а.е.}, \tag{2}$$

где знак «+» соответствует восходящему R_a , а знак «-» – нисходящему R_d узлам орбиты.

Вековые изменения аргумента перигелия и эксцентриситета приводят к вековым изменениям радиусов-векторов восходящего и нисходящего узлов орбиты. Эти изменения для астероида 2007CA19 в зависимости от времени приведены на рис 1. Как видим, пересечения с орбитой Земли происходят в восходящем и нисходящем узлах практически одновременно. Разность в моментах пересечений составляет не более 40 лет. Затем потенциально опасный период заканчивается, и астероид выходит из области возможных столкновений почти на 2000 лет.

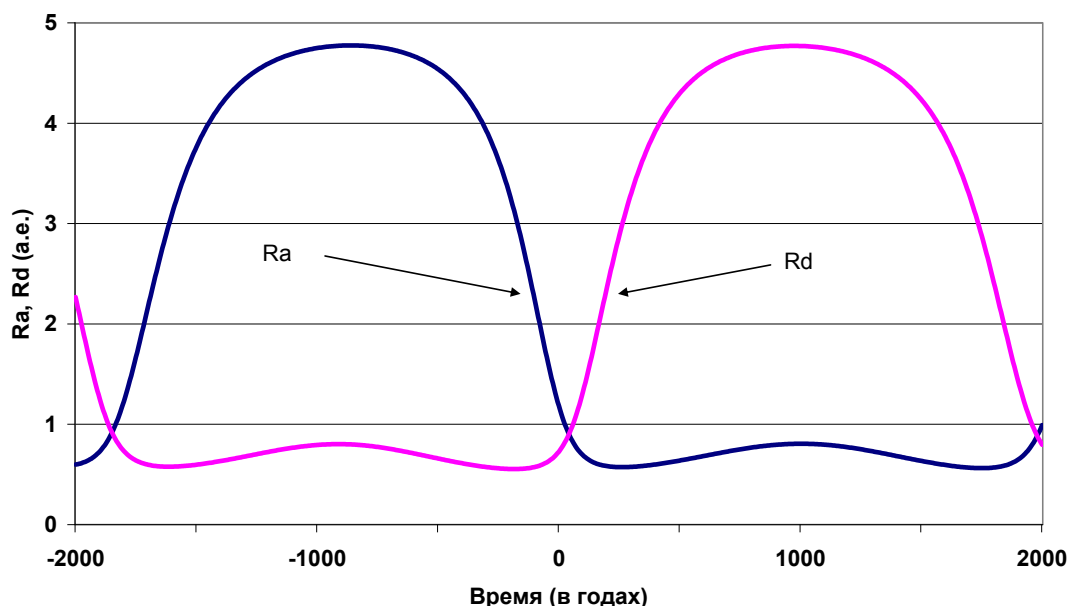


Рис. 1. Вековые изменения радиусов-векторов восходящего R_a и нисходящего R_d узлов орбиты 2007CA19 в зависимости от времени.

Элементы орбиты астероида 2007CA19 на ближайшие моменты пересечений с орбитой Земли на исследуемом интервале времени приведены в табл. 2, где T – год пересечения орбит.

Таблица 2

Элементы орбиты ОЗО 2007CA19 на моменты пересечений с орбитой Земли

T	a (а.е.)	e	q (а.е.)	i (град.)	Ω (град.)	ω (град.)	π (град.)	R_a (а.е.)	R_d (а.е.)
25	2.787	0.823	0.494	8.52	354.45	263.08	257.53	0.999	0.819
60	2.787	0.822	0.495	8.54	340.03	277.40	257.43	0.816	1.009
1960	2.787	0.826	0.484	9.61	191.69	81.80	272.56	0.791	1.002
2000	2.787	0.827	0.483	9.62	174.86	97.56	272.42	0.991	0.796

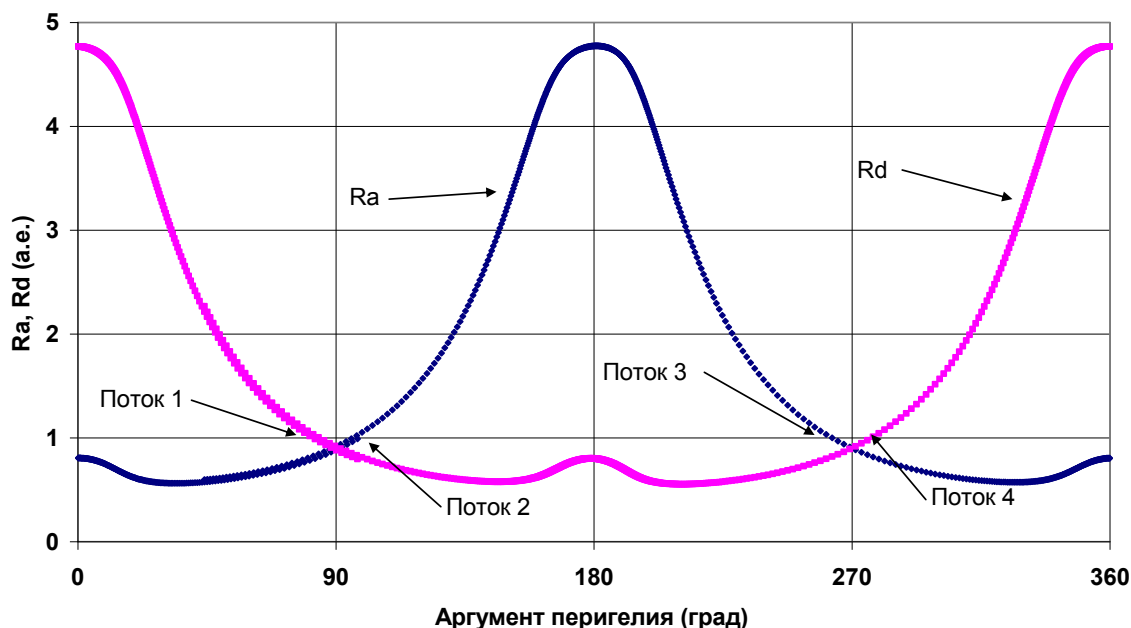


Рис. 2. Вековая зависимость R_a и R_d от аргумента перигелия; поток 1 – северная ветвь дневного потока, 2 – южная ветвь ночного потока, 3 – южная ветвь дневного потока и 4 – северная ветвь ночного потока.

Диапазон изменений R_a и R_d составляет от 0.6 до 4.8 а.е. и, следовательно, этот астероид в ходе эволюции пересекает орбиты Венеры и Марса, а не только Земли. Зависимость R_a и R_d от аргумента перигелия ω приведена на рис. 2.

Таким образом, если дисперсия аргументов перигелиев метеороидов в рое охватывает весь интервал от 0 до 360 град., то этот рой одновременно даст четыре метеорных потока: два ночных и два дневных, состоящих из северных и южных ветвей.

Метеорные потоки астероида 2007CA19

Используя орбиты объекта на моменты пересечений (табл. 2) были вычислены теоретические радианты всех четырёх метеорных потоков, связанных с 2007CA19, а затем проведён автоматизированный поиск этих потоков по наблюдениям. Результаты приведены в табл. 3, где теоретические данные выделены жирным шрифтом. Кроме элементов орбит, здесь приведены: L_\odot – долгота Солнца на момент действия потока и соответствующая ей календарная дата α_g и δ_g – прямое восхождение и склонение геоцентрического радианта, V_g – геоцентрическая скорость в км/с, обозначение каталога, в котором были найдены наблюдаемые потоки, болиды и метеоры. Каталоги метеорных потоков Сека-

нины обозначены как S2 и S3 [8-9], наблюдения Прерийной сети США–PN [10], наблюдения Центра данных метеорных орбит MAC –MODC. В качестве меры близости предсказанных теоретически и наблюдаемых орбит потоков мы использовали D_{SH} критерий Саутворта и Хокинса [11], значения которого также даны в табл. 3. Орбиты считались близкими, если для них значение $D_{SH} \leq 0.20$.

Таблица 3

Теоретические и наблюдаемые элементы орбит, геоцентрические радианты и скорости метеорных потоков, связанных с ОЗО 2007CA19

Метеорный Поток	q (а.е.)	e	i°	Ω°	ω°	π°	L°_\odot	Дата	α_g°	δ_g°	V_g	D_{SH}	Каталог
Ночной поток Северн. ветвь	.496	0.822	8.52	356.0	276.4	272.4	356.0	Март17	183.7	8.4	26.5	-	-
Сев.η-Виргиниды	.495	0.707	3.7	358.0	282.4	280.4	358.0	Март19	185.8	2.8	23.0	.18	S2
Сев.η-Виргиниды	.502	0.703	11.3	350.0	281.8	271.8	350.0	Март11	183.0	13.8	23.5	.13	S3
680306	.389	0.860	3.7	345.7	287.4	273.1	345.7	Март06	176.7	5.5	29.3	.14	PN
710319	.537	0.710	5.6	358.7	276.9	275.6	358.7	Март19	184.7	5.9	22.6	.14	PN
Ночной поток Южная ветвь	.504	0.818	9.31	176.1	96.32	272.4	356.1	Март17	175.5	-9.2	26.2	-	-
Южн.η-Виргиниды	.566	0.738	6.1	182.0	91.2	273.2	2.0	Март23	179.8	-8.0	22.9	.13	S2
Южн.η-Виргиниды	.499	0.706	2.6	171.1	101.8	272.9	351.1	Март12	176.1	-1.2	22.9	.13	S3
640315	.417	0.900	12.3	175.7	105.4	281.1	355.7	Март16	179.7	-10.4	31.0	.20	PN
750228	.415	0.830	0.4	159.7	107.1	266.8	339.7	Фев.29	169.2	4.8	28.0	.13	PN
Дневной поток Северн. ветвь	.485	.826	9.6	190.6	81.80	272.4	190.6	Окт.04	189.4	6.8	26.9	-	-
Сев. Днев. Окт. Виргиниды 29 метеоров	0.48 .484 ±.02	.827 ±.02	6.6 ±.84	189.3 ±1.4	82.3 ±3.1	271.6 ±2.3	189.9	Окт.03	187.5 ±1.1	5.2 ±1.1	26.9 ±0.5	.05	MO DC
Дневной поток Южная ветвь	.493	.823	8.5	9.4	263.05	272.4	189.4	Окт.02	181.3	-10.4	26.5	-	-
Южн. Днев. Окт. Виргиниды 22 метеора	.480 ±.02	.828 ±.01	5.3 ±.7	11.2 ±1.3	262.1 ±2.9	273.3 ±2.6	191.2	Окт.04	183.9 ±1.3	-8.5 ±1.1	26.8 ±0.5	.06	MO DC

Индивидуальные орбиты метеороидов имеют большие неопределенности. Поэтому мы использовали и наблюдаемые координаты радианта, геоцентрические скорости и даты действия метеорных потоков, которые сравнивали с теоретическими данными. Мы полагали, что расхождение в радиантах не должно превышать 10 град. по прямому восхождению и склонению, различие в V_g не более 5 км/с, а в датах действия не более 10 дней.

Как видно из табл. 3, предсказанные ночные метеорные потоки хорошо идентифицируются с активными наблюдаемыми потоками Северные и Южные η-Виргиниды. Причём нами найдено по два болида Прерийной сети, которые также можно отнести к этим потокам. Для дневных потоков по радиолокационным наблюдениям нам удалось найти 29 метеоров для северной ветви и 22 метеора для южной ветви в каталогах MODC MAC. В соответствии с положением радиантов и датами активности эти потоки названы нами Северными и Южными Дневными Октябрьскими Виргинидами, соответственно.

З а к л ю ч е н и е

Выявленная связь 2007CA19 с четырьмя наблюдаемыми метеорными потоками и болидами подтверждает факт принадлежности этого объекта к угасшим кометам. Можно предположить, что

либо объект 2007CA19 является угасшей родительской кометой метеороидного роя η -Виргинид, либо этот комплекс ОЗО образовался в результате распада большей кометы прародительницы. Ныне комплекс состоит из метеороидного роя η -Виргинид и крупноразмерного угасшего фрагмента родительской кометы. Имеет смысл провести поиск возможно существующих других крупных осколков ядра родительской кометы, также угасших на этом этапе, среди известных и новых АСЗ.

На основании проведённого исследования можно считать, что предложенный критерий выявления угасших комет является эффективным и даёт положительные результаты. Тем не менее, необходимо усилить наблюдения метеоров потоков Виргинид, с целью уточнения динамических параметров и изучения химических и физических свойств метеороидов роя угасшей кометы 2007CA19.

Поступило 15.01.2014 г.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Farinella P., Gonzi R., Froeshle Ch., Froeshle Cl. – In: Lunar and Planetary Inst., Asteroids, Comets, Meteors 1991, Harris A., Bowell E. (eds.). Houston: LPI, 1992, pp. 167-170.
2. Opik E. – Adv. Astron. Astrophys, 1963, v. 2, pp.219-262.
3. Kresak L. – Astr. Inst. of Czech.. Bull., 1982, v.33, No.2, pp. 104-110.
4. Kosai H. – Cel. Mech. and Dyn. Astron., 1992, v.54, No. 1-3, pp. 237-240.
5. Jewitt D.C. – The Astron. J., 2012, v. 143, pp.66-80.
6. <http://newton.dm.unipi.it>. 2014.
7. Горячев Н.Н. – Метод Альфана для вычисления вековых возмущений планет и его применение, 1937, Томск: Красное Знамя, 115 с.
8. Sekanina Z. – Icarus, 1973, v. 18, pp. 253-284.
9. Sekanina Z. – Icarus, 1976, v. 27, pp. 265-321.
10. Мак-Кроски Р.Е., Шао С.И. Позен А. – Метеоритика, 1978, 37, с.44-68.
11. Southworth R.B., Hawkins G.S. – Smith. Contrib. Astrophys., 1963, v.7, pp. 261-285.*

П.Б.Бобочонов, Г.И.Кохирова, Ю.В.Обрубов*

ТАБИАТИ КОМЕТАВИИ АСТЕРОИДИ ИҚТИДОРАН ХАВФНОКИ 2007CA19

*Институти астрофизикаи Академияи илмҳои Чумҳурии Тоҷикистон,
Донишгоҳи давлатии техникии Москва ба номи Н.Э.Бауман

Табиати кометавии астероиди наздизаминии 2007CA19, ки ба Замин хавфнок мебошад, ошкор карда шудааст. Ин хулоса дар асоси мадори кометамонанди астероид ва алоқаи он бо тӯдаи метеороидии η -Виргинидҳо бароварда шудааст. Тӯдаи η -Виргинидҳо чор селҳои метеории аз Замин мушоҳидашавандаро ба вучуд меоранд.

Калимаҳои калидӣ: мадор – таҳаввул – астероиди наздизаминӣ – кометай хомушӣ – тӯдаи метеороидӣ – сели метеорӣ.

P.B.Babadzhanov, G.I.Kokhirova, Yu.V.Obrubov*

COMETARY NATURE OF THE POTENTIALLY HAZARDOUS ASTEROID 2007CA19

Institute of Astrophysics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

**Moscow State Technical University named after N.E.Bauman Kaluga branch*

The potentially hazardous asteroid 2007CA19 is empirically classed as the extinct or dormant Jupiter-family comet according to its Tisserand criterion's value $T_j=2.8$. The investigation of the orbital evolution shows that the 2007CA19 is a quadruple crosser of the Earth's orbit. If the 2007CA19 is really a former comet then at past it might form a meteoroid stream. At present this developed meteoroid stream should produce four meteor showers if the dispersion of the perihelion arguments of stream meteoroids covers the range in length of 360 deg. Using the 2007CA19 osculating orbits which intersect the Earth's ones, theoretic radiants of the predicted showers were calculated. A search for predicted nighttime showers showed that the Northern and Southern η -Virginids are rather identified as these showers. Two daytime showers possibly associated with the 2007CA19 were revealed by us using the MOID IAU database. The relationships of the 2007CA19 with the meteoroid stream producing four active meteor showers confirms the above empirical classification and also points to its cometary origin.

Key words: *orbit – evolution – near-Earth asteroid – extinct comet – meteoroid stream – meteor shower.*