

УДК 523.6

ОБ УДАРНОМ МЕХАНИЗМЕ ВСПЫШЕК БЛЕСКА КОМЕТ

© 2022 г. А. С. Гулиев^{a, *}, У. Д. Поладова^a, Р. А. Гулиев^{a, **}

^aШемахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАНА, Шемаха, Азербайджан

*e-mail: quliyevayyub@gmail.com

**e-mail: rustamdb@gmail.com

Поступила в редакцию 12.03.2021 г.

После доработки 04.01.2022 г.

Принята к публикации 28.01.2022 г.

В работе изучается ударный механизм вспышек блеска комет. В частности, исследован вопрос о возможности прохождения комет через известные метеороидные рои. Объектами изучения являются 116 комет со вспышками блеска из списка Андриенко и Вашенко и 102 метеорных потока с надежными элементами орбит. Сравняются эпохи вспышек и прохождения комет в окрестностях метеороидных роев. Если за зоны роев принимать узловые расстояния комет от орбиты роя до 0.05 а. е., то для 24 комет эти эпохи отличаются друг от друга всего на 10 дней. Рассматриваются и другие возможности проверки ударного механизма образования вспышек. В частности, вычислены MOID-значения (MOID – Minimum Orbit Intersection Distance) роев и соответствующих комет. Для 294 комет эти значения составляют меньше 0.01 а. е., а для 14 комет они не достигают 0.001 а. е., соответственно. В качестве дополнительного материала использованы данные для 34 комет позднейшего периода и более жесткое критическое расстояние (0.01 а. е.). Результаты расчетов дают основания полагать, что ударный механизм может рассматриваться как одна из главных причин возникновения кометных вспышек блеска. С этой точки зрения анализируются данные по комете 17P.

Ключевые слова: кометы, метеорные потоки, вспышки, MOID

DOI: 10.31857/S0320930X22040053

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является логическим продолжением исследований (Гулиев и др., 2013; Guliyev и др., 2013), где рассматриваются некоторые аспекты процесса вспышек блеска комет. Такие процессы являются интересными и распространенными явлениями в области физики комет. Они представляют интерес также и для исследования межпланетной среды и влияния солнечной активности на изменения масштабов кометных процессов.

Если говорить о причинах кометных вспышек, то в научной литературе в основном доминируют три мнения: вспышки происходят в результате изменения параметров солнечного излучения; вспышки являются результатом физико-химических процессов в атмосферах комет; они происходят в результате полученных кометными ядрами ударов со стороны метеорных тел и обнажения части поверхности ядер. Не исключено, что действуют все три механизма. Наиболее полный обзор работ по этим процессам приводится в работе (Hughes, 1990).

В работах (Гулиев и др., 2013; Guliyev и др., 2013) рассматривались аспекты ударного механизма вспышки блеска комет. Кратко напомним содержание этих работ. Если комета кратковременно попадает в зону какого-либо метеорного потока (см. рисунок), резко увеличивается риск столкновений с метеороидами из данного потока. Поэтому в окрестностях известных метеорных роев общая численность восходящих и нисходящих узлов (относительно плоскостей орбит рассматриваемых роев) орбит вспыхивающих комет должно быть выше определенного фонового значения. В цитируемых работах это следствие проверялось на базе известных данных о кометных вспышках и метеорных потоках. В действительности, у многих известных потоков такой прогноз оправдывается. В расчетах в качестве критического расстояния (Δ) узлов от потока принимались 0.001, 0.005, 0.01, 0.05 и 0.1 а. е.

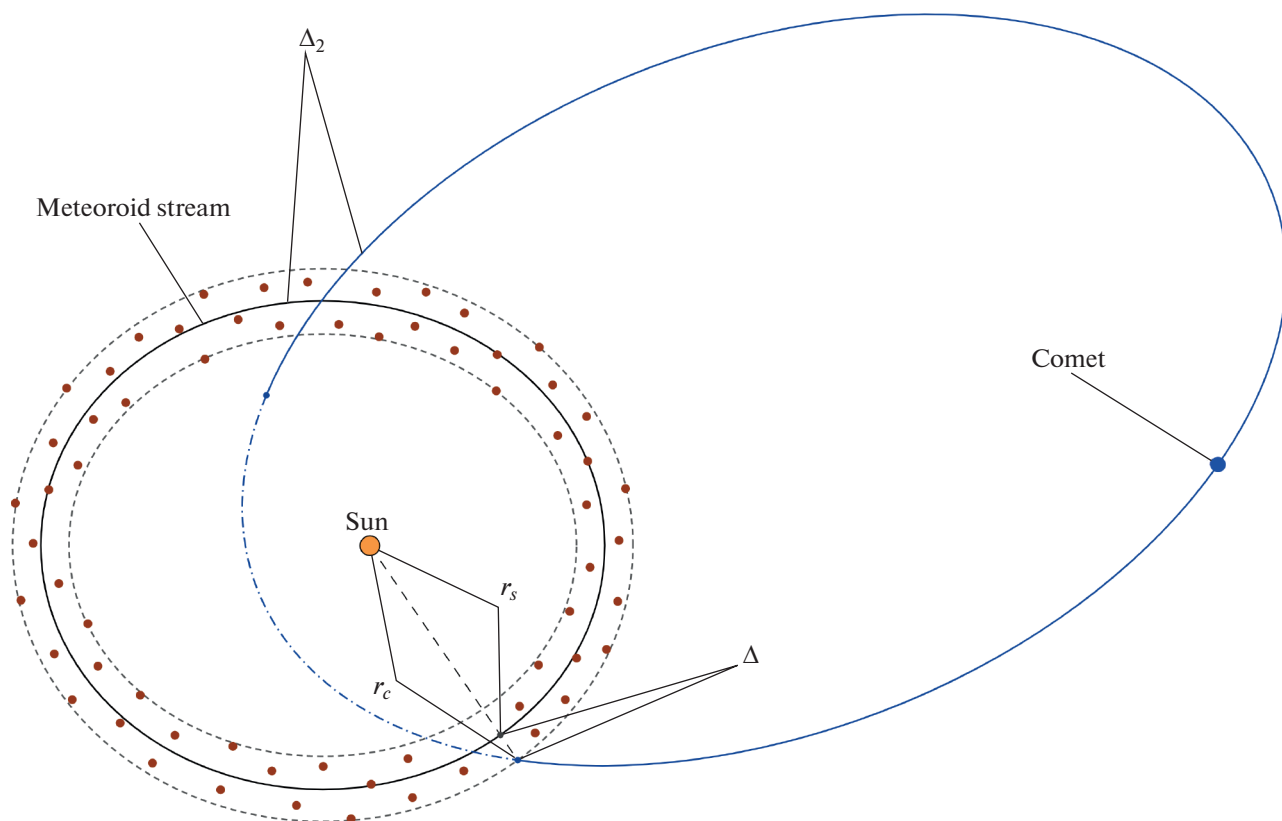


Рис. 1.

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работах (Гулиев и др., 2013; Guliyev и др., 2013) найдены некоторые статистические закономерности относительно влияния метеороидный роев на активные процессы в кометах. Они больше актуальны при исследовании феномена распада кометных ядер. При этом столкновения могут произойти в пространстве, охваченном метеороидными роями, однако реальный распад кометы на фрагменты может произойти вдали от такой зоны (Guliyev, 2017). А в случае вспышек комет это далеко не так. Вспышки должны произойти сразу же после столкновения с метеороидным телом. Момент вспышки кометы в этом механизме может иметь небольшое отличие от момента прохождения кометы через зону роя. Поэтому в настоящей работе авторы, прежде всего, ставили перед собой задачу определения эпох прохождения конкретной вспыхивающей кометы через отдельные зоны вблизи известных метеороидных роев и сопоставления их с эпохами вспышек блеска. Если они отличаются друг от друга не на много (на несколько дней), то можно полагать, что столкновение является возможной причиной конкретной вспышки блеска кометы. Кроме того, учитывались также случаи, когда комета за ко-

роткий промежуток времени оказывалась в зоне действия нескольких роев.

Итак, имеется много публикаций, посвященных данной концепции, в том числе статьи одного из авторов данной статьи. В этой работе к комплексному анализу ударного механизма вспышек привлекается временной фактор.

К определению параметров r_s , r_c , Δ и Δ_2 , r_c и r_s являются гелиоцентрическими расстояниями узлов кометной орбиты и метеороидного потока в соответствующем направлении, Δ варьируется в расчетах, а Δ_2 также варьируется и означает MOID-величину для пары комета- метеороидный поток.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ И СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

К сожалению, наиболее полного и универсального каталога вспышек блеска нет. В книге (Андриенко, Вашенко, 1981) авторы собрали случаи вспышек комет вплоть до 1975 г. Все последующие данные не систематизировались. В настоящей работе мы прежде всего исходили из систематизированных данных Андриенко и Вашенко и некоторых данных по кометным вспышкам более позднего времени.

Таблица 1. Вспышки блеска комет, соответствующие метеорные потоки и значения параметра Δ

Комета	Выбранный метеорный поток	Момент вспышки	Эпоха прохождения кометы Δ -зоны	Δ -расстояние кометы, а. е.
C/1847 N1	512 RPU	10.XII.47	12.VII.47–15.VII.47	0.023
C/1860 M1	206 AUR 325 DLT 524 LUM	18.VI.60	22.VI.60 24.VI.60 13.VI.60–15.VI.60	0.009 0.022 0.002
C/1885 R1	17 NTA	31.VIII.85	31.VIII.85	0.050
C/1886 J1	191 ERI	30.IV.86	01.V.86–05.V.86	0.020
C/1893 U1	27 KSE	16.X.93	12.X.93–13.X.93	0.019
C/1898 F1	165 SZC	10.V.98	05.V.98–06.V.98	0.037
C/1901 G1	390 THA 529 EHY 183PAU	12.IV.01	18.IV.01 15.IV.01 13.IV.01–14.IV.01	0.008 0.001 0.039
C/1911 S3	2 STA 8 ORI 165 SZC	28.IX.11	29.IX.11–30.IX.11 23.IX.11–24.IX.11 28.IX.11	0.006 0.021 0.050
C/1914 F1	170 JBO	14.VII.14	09.VII.14–10.VII.14	0.004
C/1921 E1	512 RPU	30.IV.21	25.IV.21–26.IV.21	0.009
C/1931 O1	18 AND 10 QUA 404 GUM	15.VII.31 15.VI.31	19.VII.31.–20.VII.31 11.VI.31–12.VI.31 19.VI.31–23.VI.31	0.020 0.025 0.041
C/1937 D1	338 OER	27.II.37	25.II.37	0.025
C/1939 B1	257 ORS	05.II.39	01.II.39–12.II.39	0.002
C/1940 S1	404 GUM	30.X.40	05.XI.40–06.XI.40	0.007
C/1947 X1-B	327 BEQ 319 JLE 324 EPR	10.XII.47	06.XII.47 04.XII.47 05.XII.47	0.047 0.026 0.024
C/1955 O1	33 NIA 97 SCC 333 OCU 339 PSU	03.VII.55 03.IX.55	05.VIII.55–11.VIII.55 05.VIII.55 05.IX.55–06.IX.55 08.IX.55–09.IX.55	0.027 0.042 0.035 0.016
C/1957 P1	17 NTA 250 NOO 330 SSE	02.VIII.57	08.VIII.57 04.VIII.57 04.VIII.57	0.041 0.050 0.024
C/1961 T1	390 THA 569 OHY	01.XI.61 15.X.61	06.XI.61–07.XI.61 07.X.61–14.X.61	0.011 0.028
C/1961 O1	188 XRI	23.VII.61	17.VII.61	0.003
C/1962 H1	151 EAU	28.IV.62	26.IV.62–28.IV.62	0.028
C/1969 T1	327 BEQ 446 DPC	21.I.70	16.I.70 20.I.70	0.047 0.044
C/1970 U1	331 AHY	20.IX.70	25.IX.70	0.017
C/1970 N1	323 XCB 446 DPC	05.XI.70 15.VII.70	03.XI.70–06.XI.70 20.VII.70–21.VII.70	0.050 0.003
C/1974 C1	151 EAU	26.IV.74	21.IV.74–22.IV.74	0.050

Таблица 2. Число вспыхивающих комет и метеорные потоки, имеющих верхний предел Δ_2

Поток		Верхний предел Δ_2 , а. е.		Поток		Верхний предел Δ_2 , а. е.		Поток		Верхний предел Δ_2 , а. е.	
		0.01	0.001			0.01	0.001			0.01	0.001
code	name			code	name			code	name		
1	CAP	3	0	152	NOC	7	1	328	ALA	2	0
2	STA	5	1	153	OCE	0	0	330	SSE	0	0
4	GEM	1	0	156	SMA	1	0	331	AHY	3	0
5	SDA	0	0	164	NZC	1	0	333	OCU	0	0
6	LYR	1	0	165	SZC	2	0	334	DAD	1	0
7	PER	0	0	170	JBO	5	2	335	XVI	0	0
8	ORI	1	0	171	ARI	2	0	336	DKD	1	0
9	DRA	2	0	172	ZPE	1	0	337	NUE	3	0
10	QUA	1	0	173	BTA	1	0	338	OER	4	0
11	EVI	4	1	175	JPE	1	0	339	PSU	1	0
12	KCG	0	0	183	PAU	4	0	341	XUM	2	0
13	LEO	0	0	184	GDR	1	0	343	HVI	2	0
15	URS	2	0	187	PCA	4	0	346	XHE	1	1
16	HYD	2	0	188	XRI	2	0	348	ARC	0	0
17	NTA	3	0	191	ERI	4	0	362	JMC	1	0
18	AND	2	1	197	AUD	1	0	372	PPS	0	0
19	MON	3	0	202	ZCA	5	0	388	CTA	3	0
20	COM	0	0	206	AUR	1	0	390	THA	4	0
21	AVB	3	1	208	SPE	3	0	404	GUM	1	0
22	LMI	0	0	212	KLE	1	0	411	CAN	2	0
23	EGE	2	0	221	DSX	0	0	428	DSV	1	0
26	NDA	3	0	233	OCC	1	0	431	JIP	0	0
27	KSE	3	0	246	AMO	1	0	445	KUM	1	0
31	ETA	4	1	250	NOO	3	1	446	DPC	2	0
33	NIA	3	0	254	PHO	0	0	506	FEV	0	0
61	TAH	6	2	257	ORS	3	0	510	JRC	1	0
63	COR	4	0	319	JLE	3	0	512	RPU	0	0
69	SSG	2	0	320	OSE	1	0	524	LUM	6	0
96	NCC	4	0	321	TCB	0	0	526	SLD	1	1
97	SCC	1	0	322	LBO	0	0	529	EHY	3	0
110	AAN	3	0	323	XCB	0	0	530	ECV	1	0
137	PPU	2	0	324	EPR	3	0	533	JXA	3	0
144	APS	1	0	325	DLT	1	0	549	FAN	3	1
145	ELY	0	0	326	EPG	3	0	569	OHY	1	0
151	EAU	2	0	327	BEQ	1	0				

В качестве данных по метеорным потокам в работе использован список, подтвержденный Международным астрономическим союзом, https://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/Roje/roje_lista.php?corobic_roje=0&sort_roje=0. Он содержит данные о более, чем 500 потоках. Однако

только 112 из них считаются окончательно утвержденными. Также отметим, что при расчетах использовались элементы орбит потоков, приведенных в работах (Kronk, 2014; Cook, 1973). При детальной рассмотрении этих списков с точки зрения постановки в нашей статье оказалось, что

Таблица 3. Данные по вспышкам блеска 16 долгопериодических комет

Комета	Дата вспышки	Метеорный поток		Δ , а. е.	Комета	Дата вспышки	Метеорный поток		Δ , а. е.
		code	name				code	name	
C/1980 U2	03.I.1980	187	PCA	0.0007	C/2006 A1	24.II.2006	2	STA	0.0003
		339	PSU	0.002			4	GEM	0.0002
C/1984 V1	15.XI.1984	319	JLE	0.003			8	ORI	0.0004
C/1990 E1	29.III.1990	7	PER	0.0049			11	EVI	0.0026
		319	JLE	0.0048			17	NTA	0.0004
C/1990 N1	18.VII.1990	334	DAD	0.0036			18	AND	0.002
		506	FEV	0.0001			21	AVB	0.0005
C/1998 U3	06.III.1999	1	CAP	0.0001			22	LMI	0.0026
		2	STA	0			23	EGE	0.0009
		11	EVI	0.0049			31	ETA	0.0029
		17	NTA	0.0041			33	NIA	0.0049
		33	NIA	0.0046			63	COR	0.0016
		63	COR	0.0027			69	SSG	0.0025
		96	NCC	0.0014			96	NCC	0.0013
		97	SCC	0.0005			137	PPU	0.0004
		183	PAU	0.0044			144	APS	0.0005
		184	GDR	0.0001			153	OCE	0.0035
		188	XRI	0.0001			172	ZPE	0.0039
		233	OCC	0.0021			202	ZCA	0.0012
		343	HVI	0.0003			221	DSX	0.0035
530	ECV	0			233	OCC	0.0001		
533	JXA	0.0017			254	PHO	0.003		
C/1999 T2	12.XI.1999	110	AAN	0.0028			257	ORS	0.0028
C/2001 A2	12.IV.2001	322	LBO	0.0036			325	DLT	0.0031
		343	HVI	0.0045			326	EPG	0.0039
C/2001 HT50	25.IX.2003	15	URS	0.0037			335	XVI	0.0036
		26	NDA	0.001			337	NUE	0.0033
		431	JIP	0.0017			343	HVI	0.0004
C/2001 OG108	24.II.2001	191	ERI	0.0038			388	CTA	0.0017
C/2002 O4	30.VII.2002	4	GEM	0.001			390	THA	0.0028
C/2002 O6	02.VIII.2002	506	FEV	0.0048			446	DPC	0.0032
C/2002 S4	09.XI.2002	325	DLT	0.0043	C/2006 M4	25.IX.2006	22	LMI	0.003
		337	NUE	0.003			151	EAU	0.003
		446	DPC	0.0003			319	JLE	0.0011
C/2004 Q1	15.I.2004	153	OCE	0.005			328	ALA	0.0019
		320	OSE	0.0021			346	XHE	0.003
		325	DLT	0.0033			524	LUM	0.0038
		446	DPC	0.0018	C/2009 K5	11.II.2010	8	ORI	0.0013
		524	LUM	0.0041			337	NUE	0.0002

элементы только 102 потоков пригодны для дальнейших вычислений, в остальных случаях либо орбита гиперболическая, либо какой-то элемент орбиты содержит неопределенность.

Для облегчения некоторой части расчетов использована схема, где элементы кометной орбиты вычисляются относительно плоскости роя. При

этом в расчетах угловых элементов восходящий узел орбиты роя принимается за точку отчета. С помощью формулы:

$$r_c = p / (1 + e \cos(v))$$

(p и e – параметр и эксцентриситет кометной орбиты, соответственно) находятся гелиоцентрические расстояния, восходящего и нисходящего уз-

лов кометной орбиты относительно потока. При $\nu = \Omega$ и $\nu = \Omega + 180^\circ$ определяется гелиоцентрическое расстояние (r_s) до роя (см. рисунок). Далее находится абсолютное значение этих двух расстояний:

$$\Delta = |r_c - r_s|.$$

Ясно, что их направления совпадают. В расчетах мы, как и в работах (Гулиев и др., 2013; Guliyev и др., 2013), выделяли случаи, когда Δ не превышает 0.1 а. е. После такой селекции количество интересующих случаев “комета—метеороидный рой” значительно уменьшается и соответственно облегчается решение поставленной задачи.

На следующем этапе работы для каждой пары “комета—метеорный поток” находится эпоха, когда комета находилась на гелиоцентрическом расстоянии r_c и имела $\Delta < 0.05$ а. е. Это делается с помощью данных из www.jpl.nasa.gov. Найденная эпоха сравнивается с датой вспышки кометы, которая приводится в книге (Андриенко, Вашенко, 1981). Если разница составляет не больше 10 дней, то такая комета и ее вспышка становились объектами нашего исследования.

Для проверки ударного механизма вспышек блеска комет в работе в двух вариантах используются также данные по MOID-анализу орбит комет и метеорных роев.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Результаты представлены в табл. 1. При составлении таблицы мы ограничились случаем, когда параметр Δ не превышает 0.05 а. е.

24 кометные вспышки удовлетворяли принятым условиям. При этом в 11 случаях прохождение кометы через “зону столкновения” имеет место при $\Delta < 0.01$ а. е.

Для 39 вспышек интервал между временем вспышки и временем прохождения кометой в Δ -зоне несколько превышал 10-дневный срок, а значения Δ принадлежали интервалу [0.05, 0.1] а. е.

КАЧЕСТВЕННЫЙ MOID-АНАЛИЗ КОМЕТ СО ВСПЫШКАМИ БЛЕСКА

В проведенном выше анализе мы в основном исходили из расположения узла кометной орбиты и его расстояния от орбиты роя. Поэтому мы для контроля использовали MOID-анализ для решения задачи. Эту задачу в первом приближении можно решать путем применения некоторых упрощений: можно считать, что сближение кометы и роя происходит в направлении одного из узлов кометной орбиты относительно плоскости движения роя, и что орбита роя круговая.

Тогда приближенное значение MOID можно вычислить с помощью следующей формулы:

$$\Delta_1^2 = \left(r_s^2 + \left[\frac{q(1+e)}{1+e \cos \nu} \right]^2 - 2r_s \frac{q(1+e)}{1+e \cos \nu} \times \sqrt{1 - \sin^2 i' \times \sin^2(\omega' - \nu)} \right)^2,$$

где r_s является расстоянием роя в направлении соответствующего узла кометной орбиты, q и e — перигелийное расстояние и эксцентриситет, i' и ω' — угловые элементы кометной орбиты, ν — истинная аномалия кометы, которая варьируется от 0° до 360° с интервалом 1° . Последние три элемента отсчитываются относительно плоскости роя и линией отсчета является линия пересечения плоскостей орбит роя и кометы. Формула получена из основных преобразований сферических треугольников и требования нахождения скалярной величины вектора поток—комета в треугольнике Солнце—рой—комета. Ясно, что чем ближе эксцентриситет избранного роя к 0, тем выше точность приведенной формулы. Для известных роев это условие выполняется не всегда. Поэтому такой подход можно считать приближенным и диагностическим.

Мы провели расчеты и анализировали случаи, когда за основу взяты ближайшие “рабочие” узлы орбит роев. Исходя из данных расчетов, можно суммировать, что в 149 случаях вспыхивающие кометы проходят на расстояниях, меньших 0.01 а. е., а в 18 случаях — на расстояниях, меньших 0.001 а. е. от рассматриваемых роев, соответственно. Вполне вероятно, что в таких зонах кометы могут сталкиваться с телами из роя, что приведет к вспышкам блеска. Если в качестве “рабочих” принимать удаленные узлы роев, то картина будет отличаться заметно, но не кардинальным образом. В этом варианте расстояниям, меньшим 0.01 и 0.001 а. е. от роев, соответствуют 221 и 10 кометных проходов. Оба варианта приближенных вычислений показывают, что ударный механизм вспышек блеска перспективен и заслуживает дальнейшего анализа.

БОЛЕЕ ТОЧНЫЙ MOID-АНАЛИЗ КОМЕТ И МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ

Предварительный и диагностический анализ параметров Δ и Δ_1 дает основание провести более точный анализ MOID-величин комет со вспышками блеска с помощью общепризнанных алгоритмов. На дальнейшем этапе работы с этой целью были использованы методики, опубликованные в работах (Gronchi, 2005; Wiśniowski, Rickman, 2013). Первая из них более эффективна в расчетах относительно почти параболических комет, а вторая — в случае $e \neq 1$.

С применением алгоритмов из цитированных источников мы посчитали значения MOID-величин (Δ_2) и отсортировали все значения, не превы-

Таблица 4. Значения параметра Δ_2 кометы 17P относительно девяти метеорных роев

Метеорный поток		Δ_2 , а. е.	Метеорный поток		Δ_2 , а. е.
code	name		code	name	
61	ТАН	0.0002	257	ORS	0.0356
96	NCC	0.0976	324	EPR	0.0715
170	JBO	0.0491	335	XVI	0.0638
171	ARI	0.0664	338	OER	0.0708
202	ZCA	0.0138			

шающие 0.01 а. е. Результаты этих расчетов приводятся в табл. 2.

Данные в таблице показывают, что 294 значения величины Δ_2 находятся в пределах 0.01 а. е., а в 14 случаях – в пределах 0.001 а. е. Превышение частоты Δ_2 над общим числом комет (116) указывает на то, что в момент вспышки некоторые кометы оказываются вблизи не одного, а несколько роев.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ АНАЛИЗА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА КОМЕТНЫХ ВСПЫШЕК

Результаты анализа списка Андриенко и Ващенко дают основания исследовать и последующие случаи вспышек блеска в рамках поставленной задачи. Мы проанализировали собранный в Шемахинской астрофизической обсерватории материал по кривым блескам различных комет. Результаты обработки собранных рядов и вычисленные значения фотометрических величин опубликованы в статьях Чурюмова и др. (2007), Гулиева и Рустамовой (2005), Гулиева и Поладовой (2017). Напомним, что этот цикл работ исследует данные о 122 долгопериодических кометах и основывается на изучении 10664 визуальных оценок блеска комет. Выведенные окончательные величины и остаточные дисперсии позволяют определить отклонения от общих кривых блесков комет на уровне “трех сигм”. Естественно, нас интересуют только отклонения в сторону увеличения визуального блеска в каком-то отрезке времени.

Мы выделили 34 долгопериодические кометы, у которых значения параметра Δ не превышает 0.01 а. е. Результаты для 16 долгопериодических комет приведены в табл. 3.

Анализ данных параметра Δ , округленных до четвертого разряда, показывает, что в 21 случае соответствующее расстояние даже меньше 0.001 а. е. Некоторые кометы (например, C/1998 U3, C/2006 A1, C/2006 M4 и др.) в эпохе вспышки оказываются в непосредственной близости от нескольких потоков.

О КОМЕТЕ 17P (HOLMS)

В настоящей работе основной упор сделан на анализ вспышечной деятельности долгопериодических комет. Однако и среди периодических комет есть объекты, в кривых блеска которых часто наблюдаются такие явления. Ярким представителем таких комет является объект 17P (Gronkowski, Sacharczuk, 2010). Комета является периодической (период обращения 6.89 лет) и входит в семейство Юпитера. Поэтому она практически может наблюдаться по всей орбите и находиться под постоянным вниманием наблюдателей.

Мы посчитали значения параметра Δ_2 кометы относительно всех утвержденных метеорных роев. В результате оказалось, что она проходит весьма близко от девяти роев на расстоянии меньше 0.1 а. е. Список этих потоков и значения параметра Δ_2 приводятся в табл. 4.

Весьма вероятно, что причиной необычной активности комет 17P является именно это обстоятельство. Она имеет перигелийное расстояние больше 2 а. е., и, стало быть, меньше подвержена влиянию таких факторов, как солнечная активность и солнечный ветер.

Наименьшую MOID-величину комета имеет относительно потока 61 ТАН (0.00018 а. е.). При расчетах мы использовали орбиту кометы за 1892 г. (первое наблюдавшееся появление).

ВЫВОДЫ И ДИСКУССИЯ

Ударный механизм происхождения кометных вспышек допускался и другими авторами, в частности, в работах (Babadzhanov и др., 1991; Gronkowski, 2004). Наш анализ показывает, что этот механизм имеет веские доказательства. Более того, можно, исходя из их вычисленных эпох прохождения сквозь конкретные рои, использовать наш подход для прогнозирования вспышек блеска комет. Правда, здесь могут сыграть роль, также и интенсивность потока, физическая особенность ядра конкретной кометы и направление возможных ударов. Последнее связано также и с взаимными наклонами орбит кометы и роя (Guliyev, 2017). При “лобовых” столкновениях может

произойти не только вспышка, но и распад кометного ядра. Необходимо также отметить, что при попытке прогнозирования вспышек параметр Δ кажется более практичным, нежели MOID-величины комет (Δ_1 или Δ_2).

Ударный механизм имеет одно бесспорное преимущество: он логично и без внутренних противоречий способен объяснить факты вспышек блеска комет на очень больших расстояниях. Например, такую активность показывает комета C/2017 K2 на расстояниях койперовского пояса (Jewitt и др., 2021),

Среди комет из списка Андриенко и Ващенко наибольшему риску, судя по нашим расчетам, подвергается объект C/1947 X1-B. По проведенным расчетам, количество случаев, когда MOID-величины кометы меньше 0.1 а. е. составляет 45. Кстати, весьма вероятно, что соответствующее Матринское ядро распалось именно в результате полученных ударов. Из дополнительного списка наибольший интерес в этом случае представляет комета C/2006 A1. Она имеет 31 значение Δ -расстояния, не превышающего 0.01 а. е. 10 из них меньше 0.001 а. е.

Мы отдаем себе отчет в том, что результаты проведенного MOID-анализа нуждаются в проверке относительно статистической достоверности. В целом полагаем, что результаты нашей работы дают основания для дальнейшего развития данной тематики. Для этого, прежде всего, требуется привлечение в анализ других общеизвестных случаев кометных вспышек. Эти случаи опубликованы в отдельных научных статьях разрозненно и не систематизировались. Список, составленный Андриенко и Ващенко (1981), в лучшем случае (если количество вспышек пропорционально количеству комет) может содержать лишь третью часть всех имевших место вспышек. Собранный в ШАО дополнительный материал дает независимое подтверждение для ударного механизма вспышек. После появления более полного и современного каталога к этому механизму вспышек можно будет вернуться заново. Кроме того, в дальнейшем и каталог утвержденных метеорных роев, безусловно, будет пополняться. Поэтому рассматриваемый механизм вспышек блеска комет заслуживает дальнейшего и более обстоятельного изучения. Мы также принимаем во внимание мнение академика М.Я. Марова о том, что при анализе проблемы нужны дополнительные и более строгие энергетические оценки, обеспечивающие генерацию вспышек при соударениях частиц с ядром кометы.

Авторы выражают благодарность анонимным рецензентам за сделанные полезные замечания и

ценные поправки, которые приняты во внимание при доработке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андриенко Д.А., Ващенко В.Н. Кометы и корпускулярное излучение Солнца. М.: Наука, 1981. 164 с.
- Гулиев А.С., Кохирова Г.И., Поладова У.Д. О возможной роли метеорных потоков во вспышечной активности комет // Азербайджанский астрон. журн. 2013. Т. 8. С. 5–9.
- Гулиев А.С., Рустамова У.Д. Физические величины 100 долгопериодических комет с учетом условия их видимости (1999–2004) // Циркуляр ШАО. 2005. № 110. С. 23–32.
- Гулиев А.С., Поладова У.Д. Кривые блеска 50 комет, построенные с учетом условий их видимости и апертур телескопов // Изв. НАН Азербайджана. 2017. № 2. С. 175–179.
- Чурюмов К.И., Чубко Л.В., Гулиев А.С., Поладова У.Д. Физические величины 100 долгопериодических комет с учетом условия их видимости (1980–2004) // Azerbaijani Astron. J. 2007. V. 2. № 1–2. С. 10–16.
- Babadzhanov P.B., Zidian Wu, Williams I.P., Hughes D.W. The Leonids, Comet Biela and Biela's associated meteoroid stream // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. 1991. V. 253. P. 69–74.
- Cook A.F. A working list of meteor streams // Evolutionary and Physical Properties of Meteoroids // Proc. Int. Astron. Union's Colloq. № 13. 1973. V. 319. P. 183–191.
- Gronchi G.F. An algebraic method to compute the critical points of the distance function between two Keplerian orbits // Celest. Mech. and Dyn. Astron. 2005. V. 93. P. 295–329.
- Gronkowski P. Cometary outbursts: re-discussion of collision causes – the application to the comet 29P/Schwassmann–Wachmann 1 // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. 2004. V. 354. P. 142–150.
- Gronkowski P., Sacharczuk Z. Cometary outbursts – a search for a cause of the comet 17P/Holmes outburst // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. 2010. V. 408. P. 1207–1215.
- Guliyev A.S. Collision with meteoroids as one of possible causes of cometary nucleus splitting // Planet. and Space Sci. 2017. V. 143. P. 40–42.
- Guliyev A.S., Koxirova G.I., Poladova U.C. Comets outbursts and the meteor showers // Proc. Int. Conf. held at the Adam Mickiewicz University in Poznan. 2013. P. 263–267.
- Hughes D.W. Cometary outbursts // Roy. Astron. Soc., Quarterly J. 1990. V. 31. P. 69–94.
- Jewitt D., Kim Y., Mutchler M., Agarwal J., Li J., Weaver H. Cometary Activity Begins at Kuiper Belt Distances: Evidence From C/2017 K2 // arXiv preprint arXiv: 2102.06313. 2021.
- Kronk G.W. Meteor Showers. Springer, 2014. 362 p.
- Wiśniowski T., Rickman H. Fast geometric method for calculating accurate minimum orbit intersection distances // Acta Astronomica. 2013. V. 63. P. 293–307.