

Астероиды с кометной активностью – новый тип объектов Солнечной системы

Фируза Рахматуллаева

Семейства малых тел

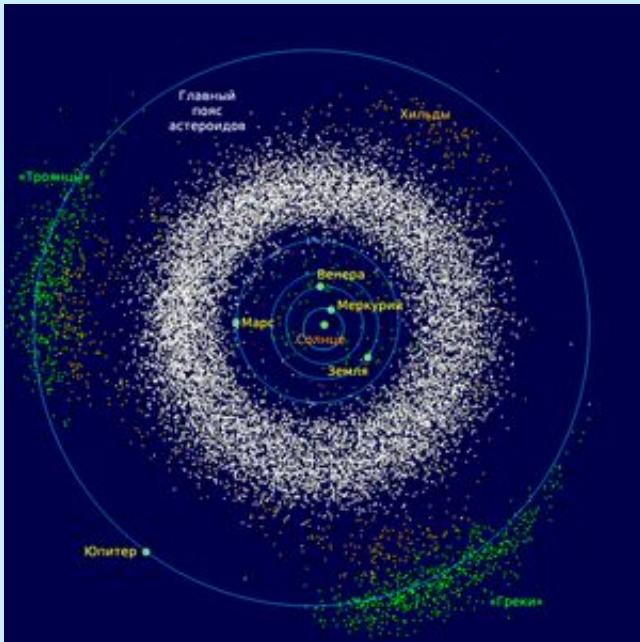
Орбиты подавляющего большинства малых тел Солнечной системы расположены в областях, образующих пояс астероидов, пояс Койпера и гипотетическое облако Оорта. Главный пояс астероидов и пояс Койпера имеют свои внутренние структуры (семейства астероидов, астероиды сближающие с Землей, Кентавры и т. д.), вызванные столкновительными процессами и возмущениями от больших планет.

Цели и задачи изучения малых тел

- Большинство малых тел являются реликтовыми образованиями, сохранившие свойства вещества ранней Солнечной системы на стадии формирования протопланетного диска.
- Изучение физических свойств малых тел и сопоставление с их динамическими характеристиками, изучение миграции и столкновительных процессов малых тел Солнечной системы, позволяют реконструировать происхождение и эволюцию Солнечной системы.

Главный Пояс Астероидов и кометы

ГПА



Типичный вид астероида ГП



25143 Itokawa

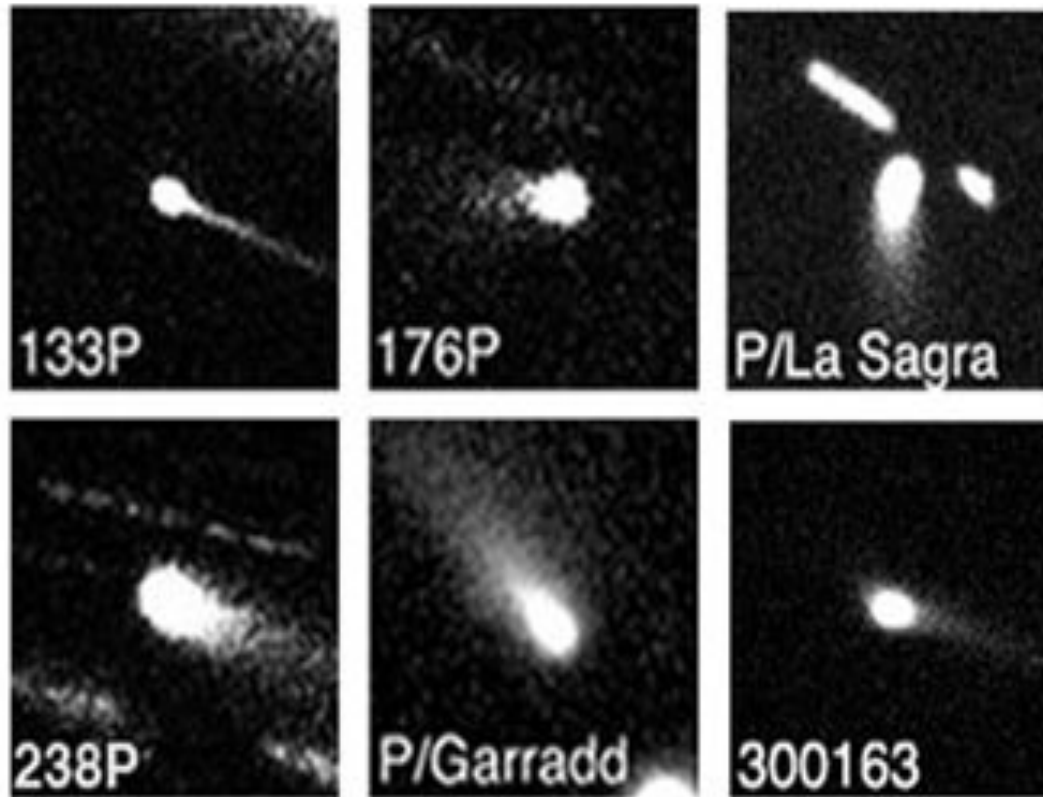
Главный пояс астероидов образуют твердые каменные тела на расстояниях $2.1 < r < 3.2$ а.е. Размеры: от ~ 550 км до десятков метров. Первый астероид Церера открыт 1 января 1801 года. Число известных астероидов в настоящее время ~ 600 тыс. Из них 200 объектов имеют диаметры более 100 км. 14 июля 1996 г. у астероида ГП 133P/Elst-Pizarro был обнаружен длинный пылевой хвост. Таким образом, было положено начало открытию нового класса объектов — Комет Главного Пояса.

Основные свойства активных астероидов

Активные астероиды включают в себя собственно популяцию комет астероидов главного пояса (КГП), активность которых связана с освобождением летучих соединений (воды), находящихся в или под слоем реголита и астероиды (**Disrupted Asteroids**), активность которых связана с столкновением с другими астероидами.

Кометы Главного пояса астероидов являются объектами, обладающими динамическими характеристиками астероидов и активностью комет, которая выражается в появлении у них кометного пылевого или газового хвоста. Кометная активность проявляется при прохождении кометы вблизи перигелия и может длиться от одного до нескольких месяцев, при том, что оборот вокруг Солнца такой кометы длится около 5-6 лет.

Проявление активности некоторых комет ГПА



Пример комет ГПА и астероидов, подвергнувшихся столкновению

MBCs	Semimaj.	Eccen.	Inclin.	Perihelion	Aphelion	T _J	
133P/(7968) Elst-Pizarro	3.156 AU	0.165	1.386°	2.636 AU	3.677 AU	3.184	Orbit
238P/Read	3.165 AU	0.253	1.267°	2.365 AU	3.965 AU	3.153	Orbit
176P/(118401) LINEAR	3.196 AU	0.192	0.238°	2.581 AU	3.811 AU	3.166	Orbit
P/2008 R1 (Garradd)	2.726 AU	0.342	15.903°	1.793 AU	3.660 AU	3.217	Orbit
P/2010 R2 (La Sagra)	3.099 AU	0.154	21.395°	2.623 AU	3.576 AU	3.099	Orbit
300163 (2006 VW ₁₃₉)	3.052 AU	0.201	3.239°	2.438 AU	3.665 AU	3.203	Orbit

Disrupted Asteroids	Semimaj.	Eccen.	Inclin.	Perihelion	Aphelion	T _J	
P/2010 A2 (LINEAR)	2.291 AU	0.124	5.255°	2.006 AU	2.576 AU	3.583	Orbit
(596) Scheila	2.927 AU	0.165	14.662°	2.443 AU	3.410 AU	3.209	Orbit

Динамические характеристики малых тел Солнечной системы: параметр Тиссерана

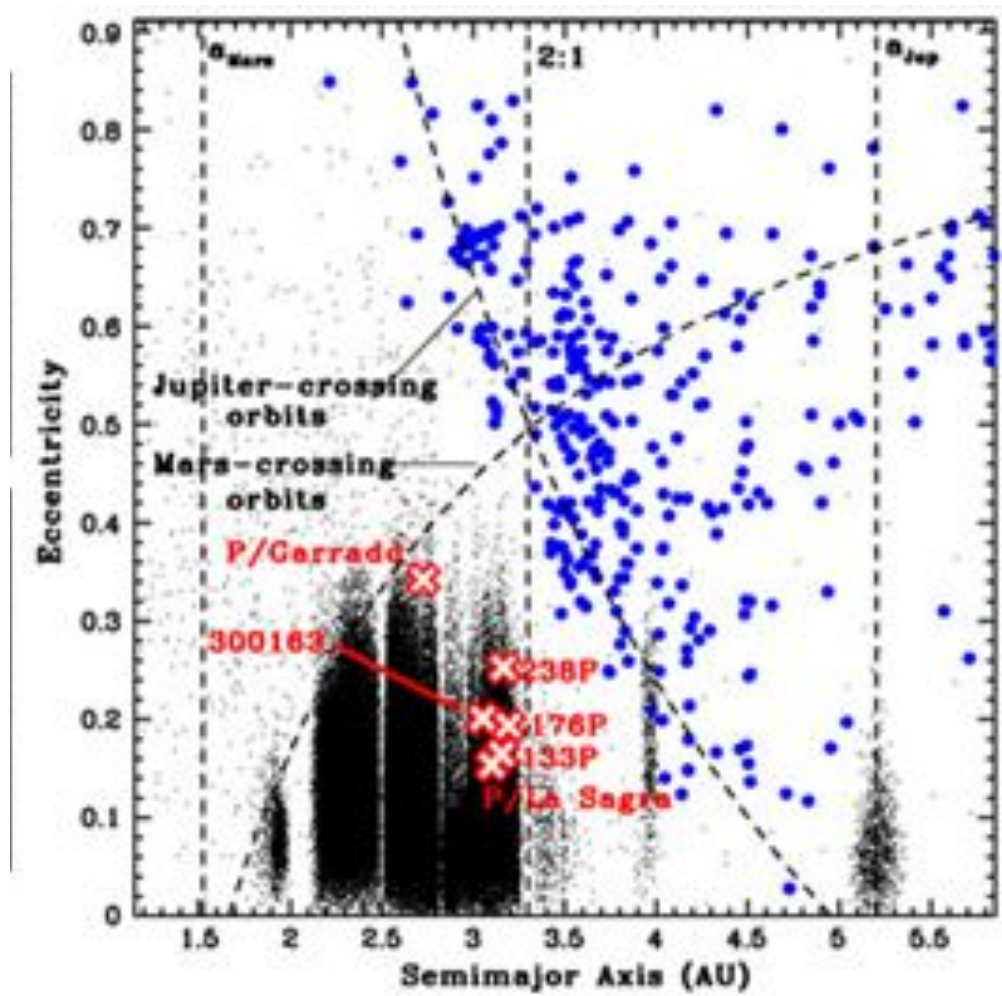
$$T_j = \frac{a_j}{a} + \left[(1 - e^2) \frac{a}{a_j} \right]^{1/2} \cos(i) \quad (1)$$

Для подавляющего большинства астероидов и КГП параметр $T_j > 3.0$, для комет $T_j < 3.0$

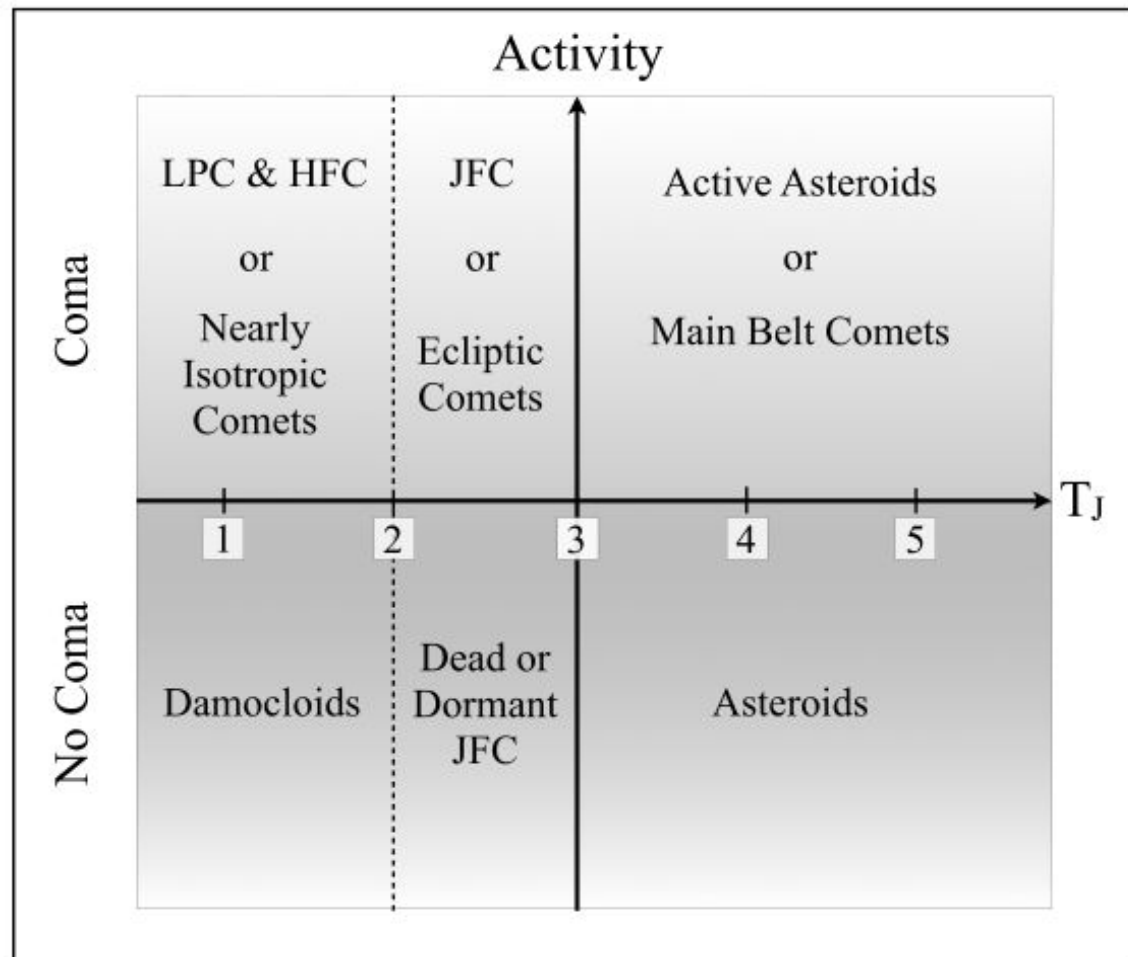
Name <i>TJ a</i>	<i>ab</i>	<i>e c</i>	<i>id</i>	<i>qe</i>	<i>Qf</i>	
(3200) Phaethon	4.508	1.271	0.890	22.17	0.140	2.402
311P/PANSTARRS (P/2013 P5)	3.662	2.189	0.115	4.97	1.936	2.441
P/2010 A2 (LINEAR)	3.582	2.291	0.124	5.26	2.007	2.575
(1) Ceres	3.309	2.768	0.076	10.60	2.556	2.979
(2201) Oljato	3.299	2.172	0.713	2.52	0.623	3.721
P/2012 F5 (Gibbs)	3.228	3.004	0.042	9.73	2.877	3.129
259P/Garradd (P/2008 R1)	3.216	2.726	0.342	15.90	1.794	3.658
(596) Scheila	3.208	2.928	0.165	14.66	2.445	3.411
288P/(300163) 2006 VW139	3.203	3.050	0.200	3.24	2.441	3.659
(62412) 2000 SY178	3.197	3.146	0.090	4.76	2.864	3.445
P/2013 R3 (Catalina-PANSTARRS)	3.185	3.033	0.273	0.90	2.204	3.862
133P/(7968) Elst-Pizarro	3.184	3.157	0.165	1.39	2.636	3.678
176P/(118401) LINEAR	3.167	3.196	0.192	0.24	2.582	3.810
238P/Read (P/2005 U1)	3.152	3.165	0.253	1.27	2.364	3.966
P/2012 T1 (PANSTARRS)	3.134	3.154	0.236	11.06	2.411	3.897
313P/Gibbs (P/2014 S4)	3.132	3.156	0.242	10.97	2.391	3.920
P/2010 R2 (La Sagra)	3.098	3.099	0.154	21.39	2.622	3.576
107P/(4015) Wilson-Harrington	3.083	2.638	0.624	2.79	0.993	4.284

Распределение активных астероидов на диаграмме большая полуось - эксцентриситет.

Динамические астероиды показаны как черные точки, кометы как голубые точки, и активные астероиды (КГП) как красные крестики, помеченные именем.

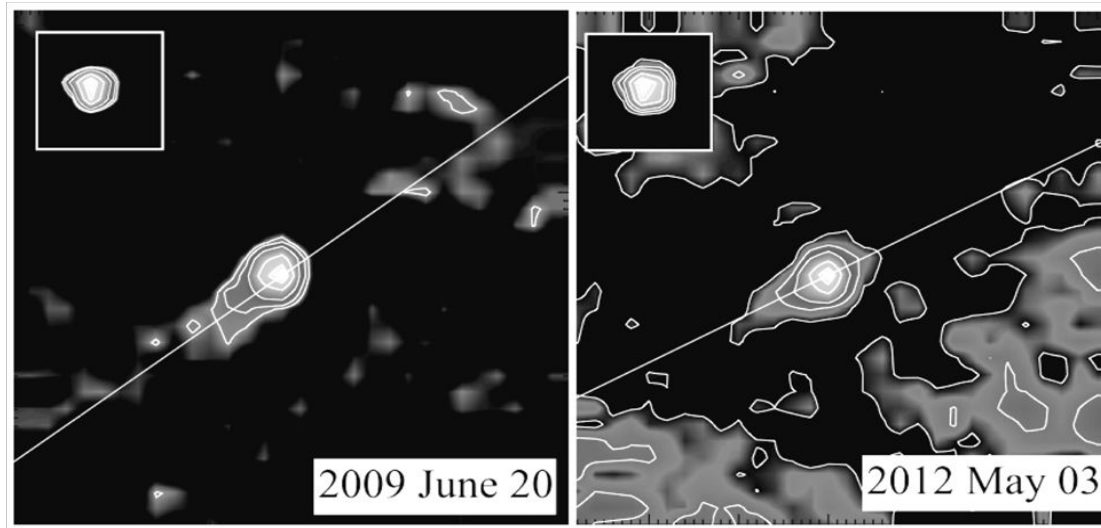


Эмпирическая классификация малых тел на основе параметра - Тиссерана, T_J и активности (наличие или отсутствие комы). С помощью этой схемы удобно разделять кометы от астероидов, распавшихся комет и популяции комет главного пояса астероидов



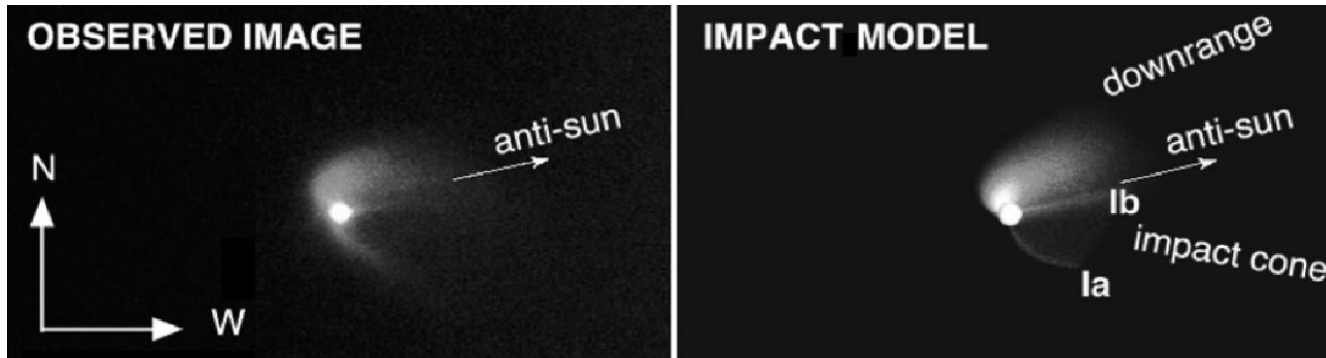
параметр Тиссерана, T_J

(3200) Фаэтон



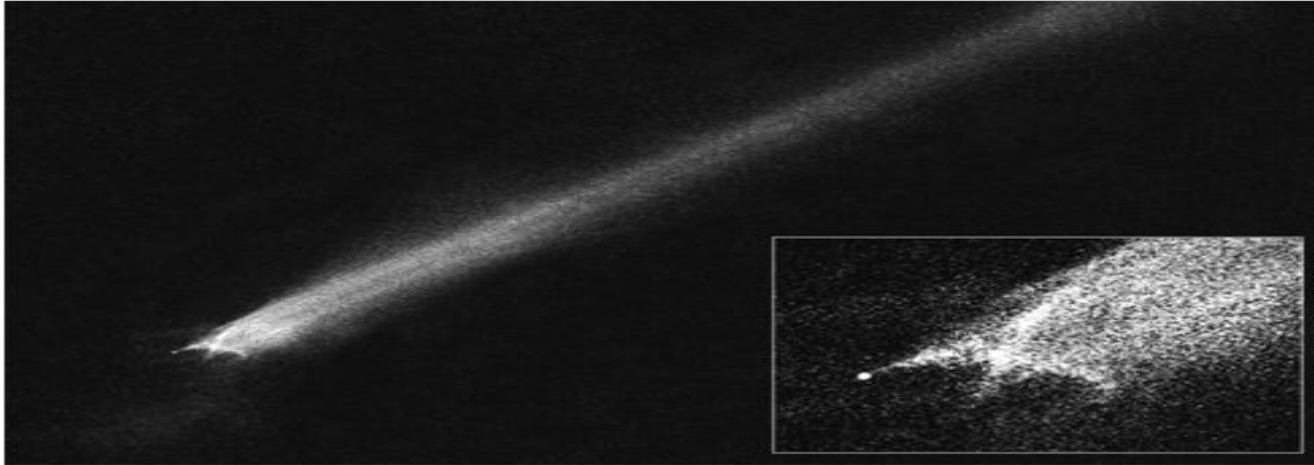
(3200) Фаэтон — небольшой околоземный астероид из группы Аполлона, который принадлежит к редкому спектральному классу В. Астероид интересен необычной крайне вытянутой орбитой, из-за которой в процессе своего движения вокруг Солнца он пересекает орбиты всех четырёх планет земной группы. Астероид может являться источником метеорного потока Геминиды. Фаэтон в перигелии в 2009 и 2012 годах показал обширные выбросы по линии Солнце-комета.

Активность астероида Шейлы в декабре 2010 года



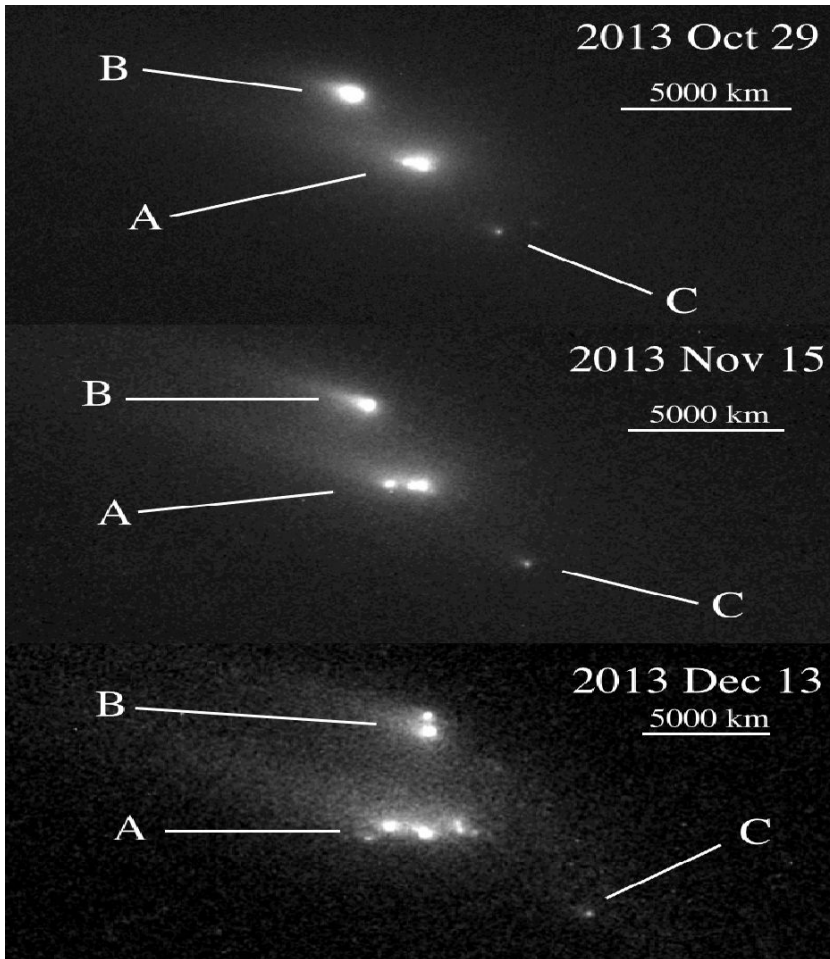
11 декабря 2010 года Стив Ларсон из обсерватории Mount Lemmon обнаружил, что блеск астероида увеличился почти в два раза и он, как комета, имел признаки комы. Позднее у этого объекта были обнаружены три хвоста. Вспышка астероида имела эпизодический характер, вызванная столкновением с небольшим телом (диаметром 30 м) и не привела к выделению газов CO, CO₂⁺, OH, NH, CN, C₂, C₃, которые обычно характерны для комет. По модельным оценкам, было выброшено 6×10^8 кг пыли со скоростью 57 м/с.

P/2010 A2 (Linear), TJ = 3.582



У P/2010 A2 (Linear), в январе 2010 г. также наблюдалась сложная морфология пыли (не точечное ядро) и пылевой хвост. Как и у астероида Шейла, наблюдаемая вспышка и выброс пыли этого астероида вызван столкновением с небольшим объектом в поясе астероидов.

P/2013 R3 (Catalina-Panstarrs), $TJ = 3.185$

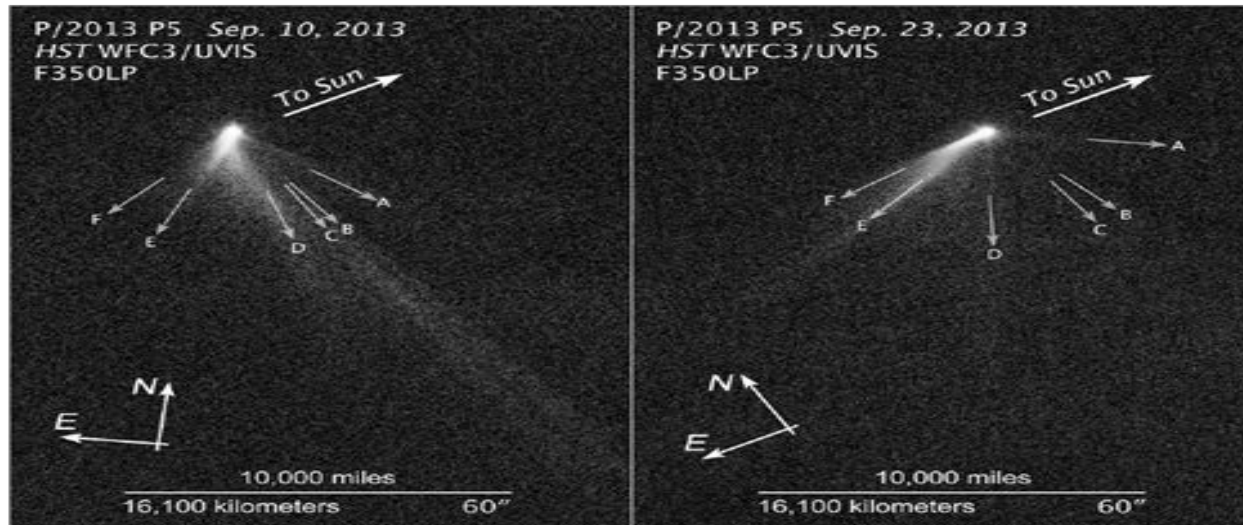


В октябре 2013 года, наблюдения P/2013 R3, показали распад ядра кометы на несколько фрагментов.

На снимке хорошо видны фрагменты А, В, С.

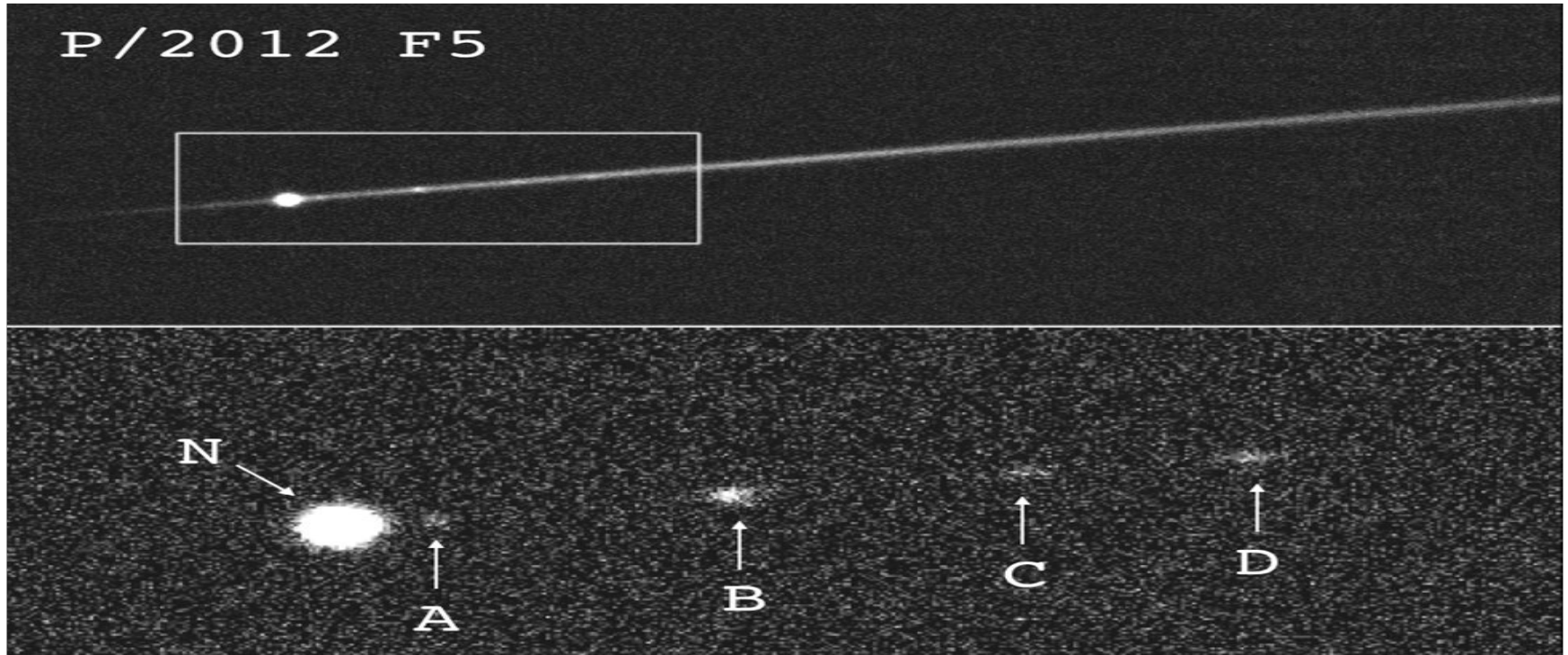
Распад объекта также был зафиксирован космическим телескопом Хаббла 6 марта 2014.

311P/Panstarrs = P/2013 P5, $T_j = 3.662$



311P/Panstarrs является объектом внутреннего пояса астероидов. Он выбрасывал пыль эпизодически на протяжении как минимум девяти месяцев 2013 года, создав замечательный мульти - хвост.

P/2012 F5 (Gibbs)



P/2012 F5 18 сентября 2012 года демонстрировал пылевой хвост на гелиоцентрическом расстоянии $R \sim 3.1$ au.

Серия изображений в 2014 показала быстрое вращение ядра N (период 3.24 ч) и выявила четыре субядра A,B,C,D.

Выводы

- Соотношение активных астероидов (~ 10) к общему числу $\sim 10^6$ астероидов главного пояса позволяет оценить, что доля активных механизмов, приводящих в вспышкам составляет $f \sim 10^{-5}$
- Так как большинство астероидов лежат вблизи предельных звездных величин, на которых они могут быть обнаружены, можно заключить, что поиск выбросов пыли из них не эффективен.
- Тем не менее, полученные результаты указывают на то, что граница между кометами и астероидами может быть значительно менее резкой, чем когда-то предполагалось.