Астероиды с кометной активностью – новый тип объектов Солнечной системы

Фируза Рахматуллаева

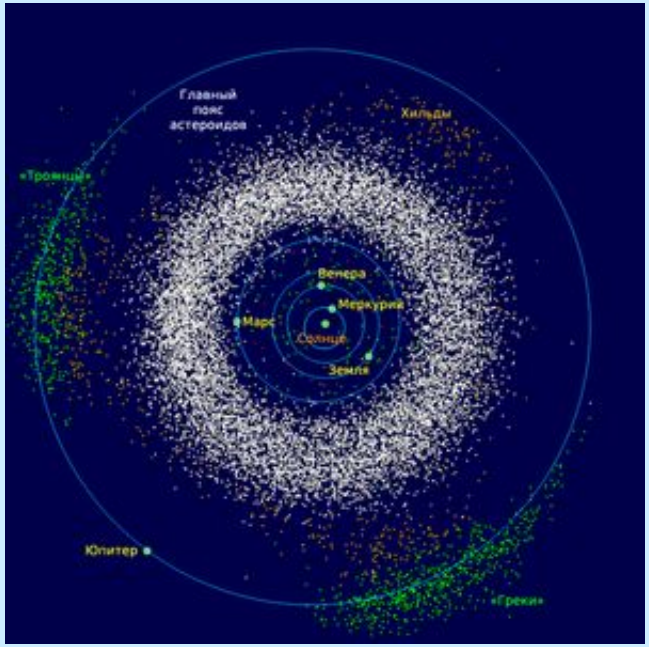
Семейства малых тел

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 динамическим характеристиками, изучение миграции и столкновительных процессов малых тел Солнечной системы, позволяют реконструировать происхождение и эволюцию Солнечной системы.

Главный Пояс Астероидов и кометы ГПА



Главный пояс астероидов образуют твердые каменистые тела на расстояниях 2.1< r <3.2 а.е. Размеры: от ~550км 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.

Типичный вид астероида ГП

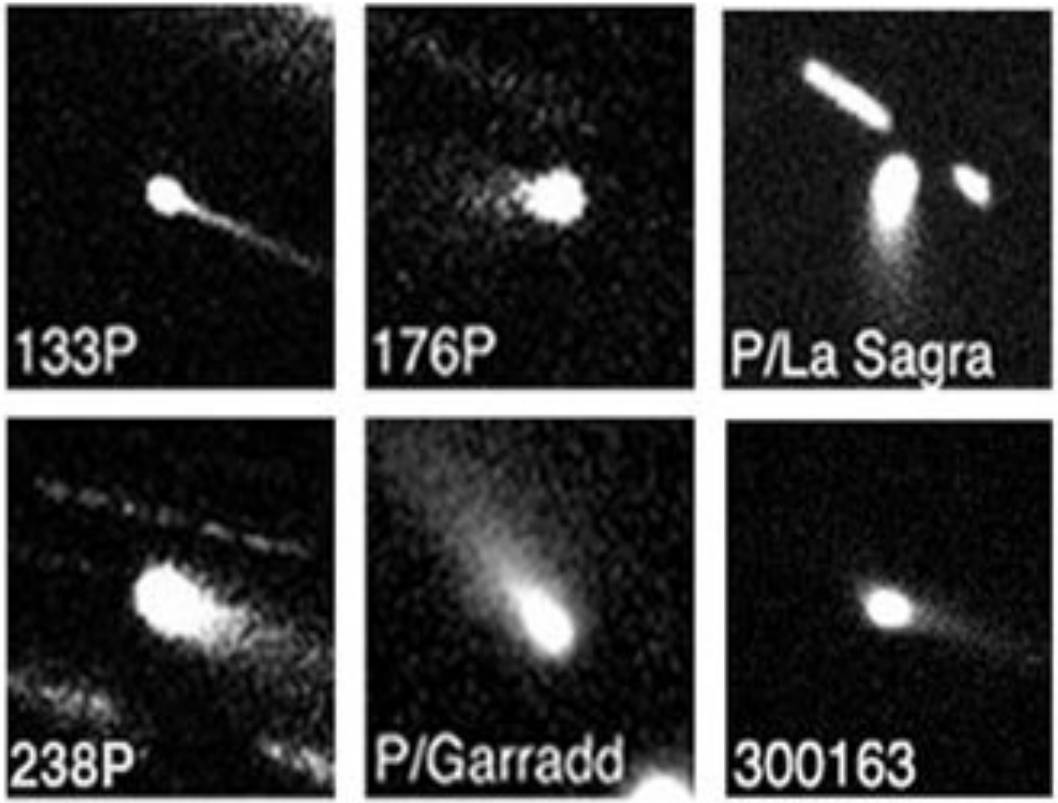
25143 Itokawa

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

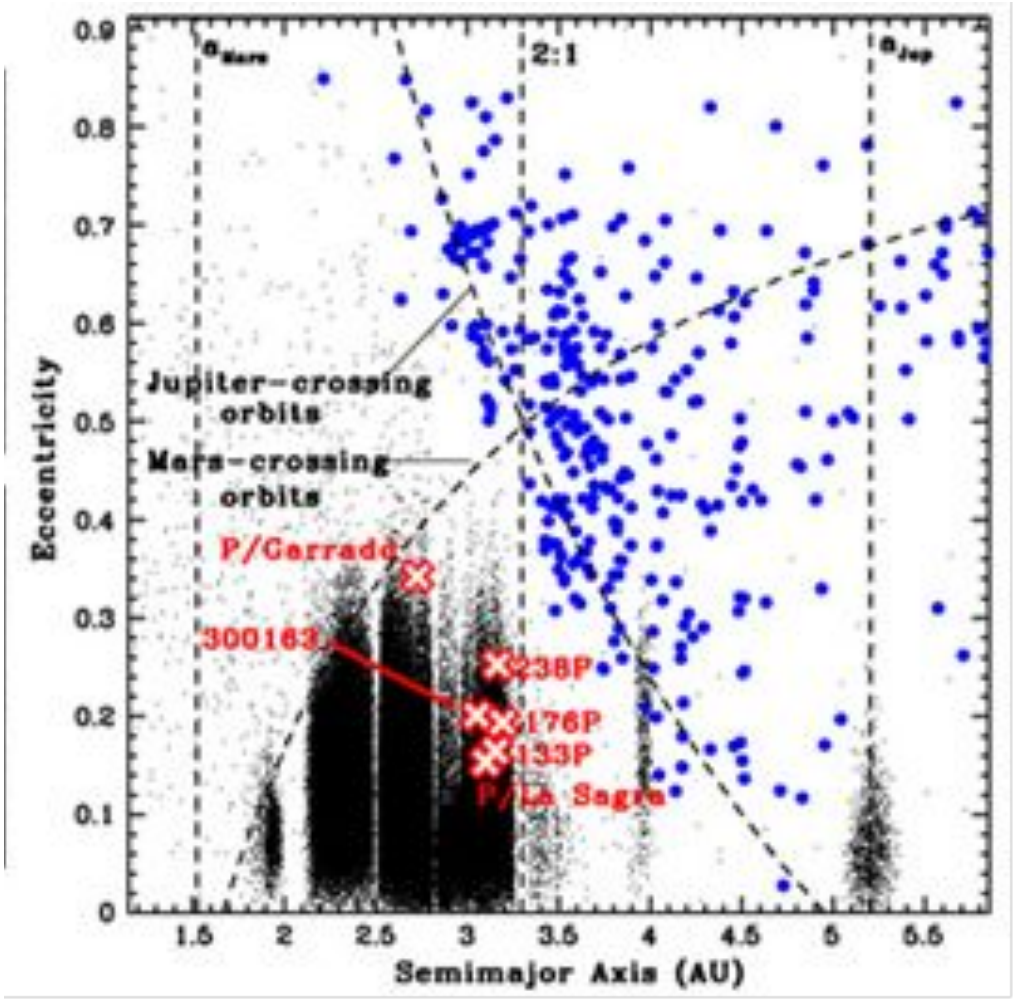
$$Tj = \frac{aj}{a} + \left[\left(1 - e^2\right) \frac{a}{a_j} \right]^{1/2} \cos(i) \quad (1)$$

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

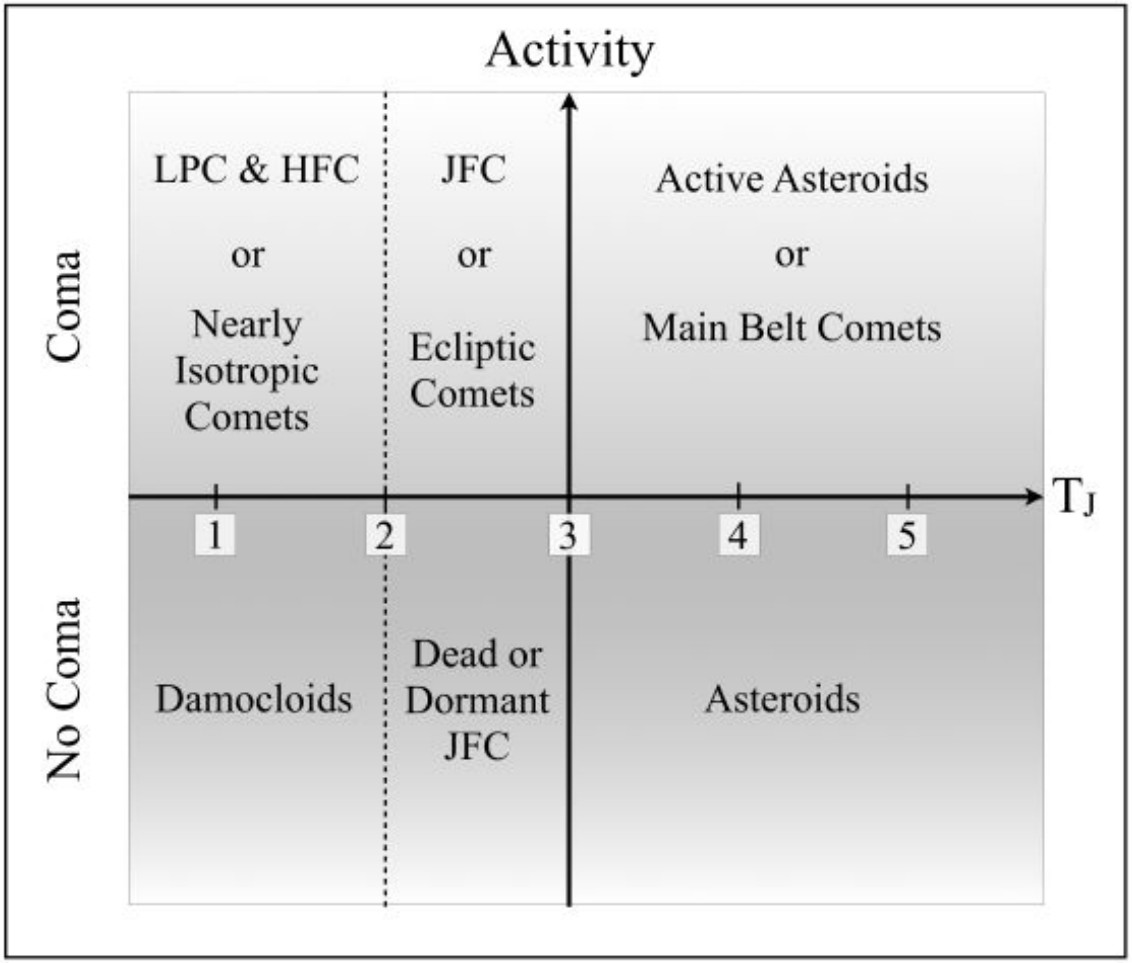
Name	TJ a	ab	e c	id	qe	Qf
(3200) Phaethon	**4.508**	**1.271**	**0.890**	**22.17**	**0.140**	**2.402**
311P/PANSTARRS (P/2013 P5)	**3.662**	**2.189**	**0.115**	**4.97**	**1.936**	**2.441**
P/2010 A2 (LINEAR)	**3.582**	**2.291**	**0.124**	**5.26**	**2.007**	**2.575**
(1) Ceres	**3.309**	**2.768**	**0.076**	**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.

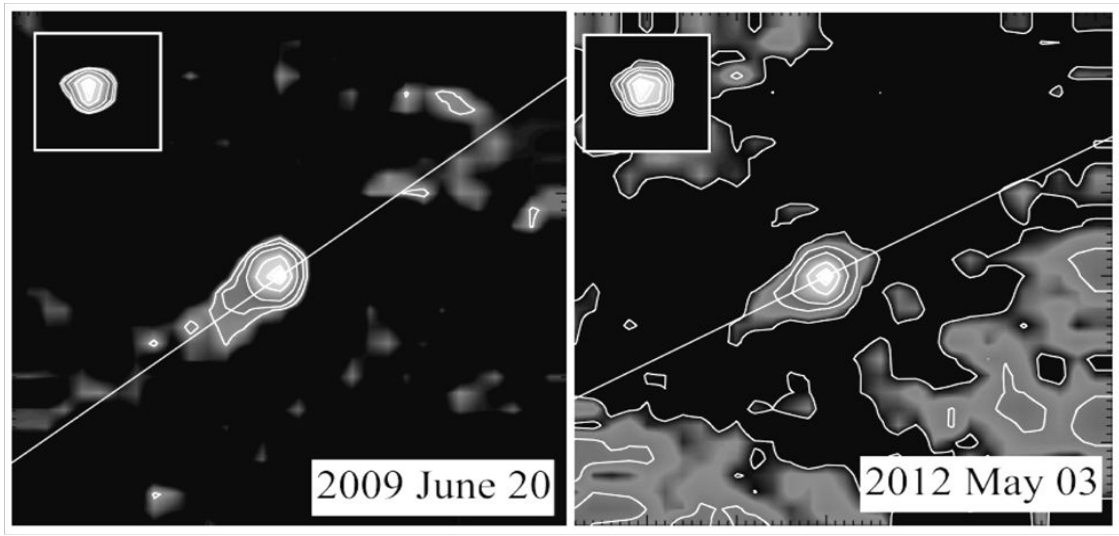


Эмпирическая классификация малых тел на основе параметра - Тиссерана, Tj и активности (наличие или отсутствие комы). С помощью этой схемы удобно разделять кометы от астероидов, распавшихся комет и популяции комет главного пояса астероидов



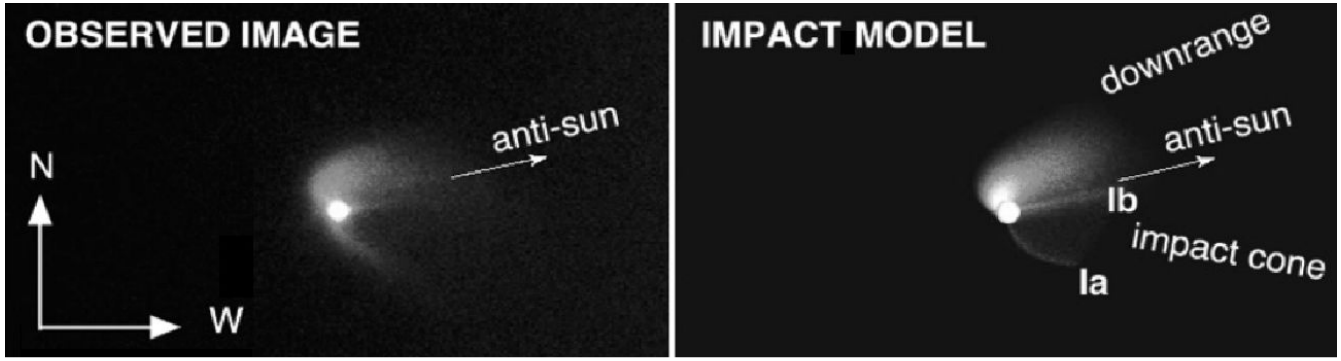
параметр Тиссерана, Tj

(3200) Фаэтон



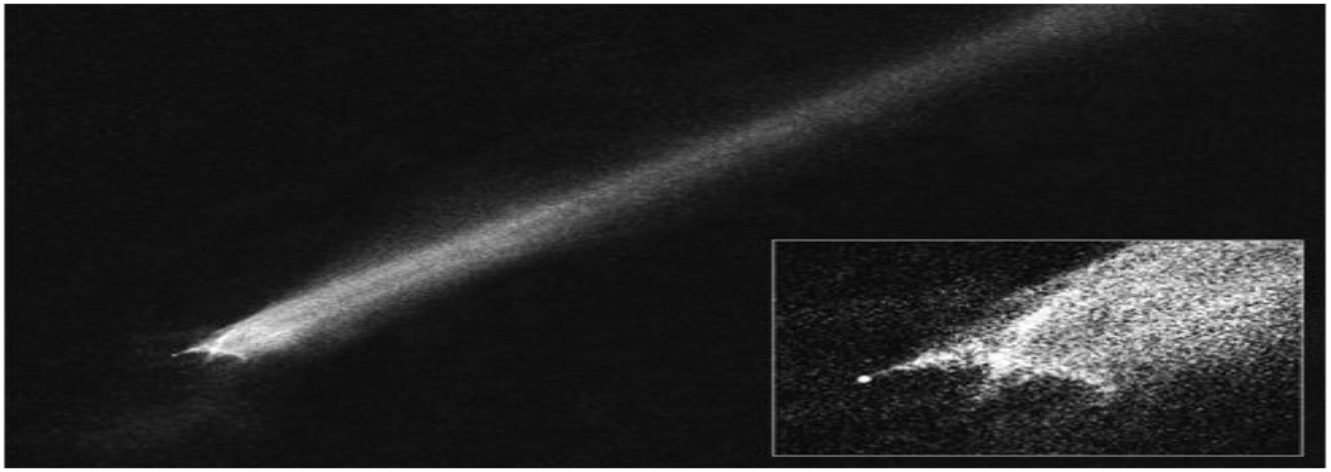
(3200) Фаэтон — небольшой околоземный астероид из группы Аполлона, который принадлежит к редкому спектральному классу B. Астероид интересен необычной крайне вытянутой орбитой, из за которой в процессе своего движения вокруг Солнца он пересекает орбиты всех четырёх планет земной группы. Астероид может 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



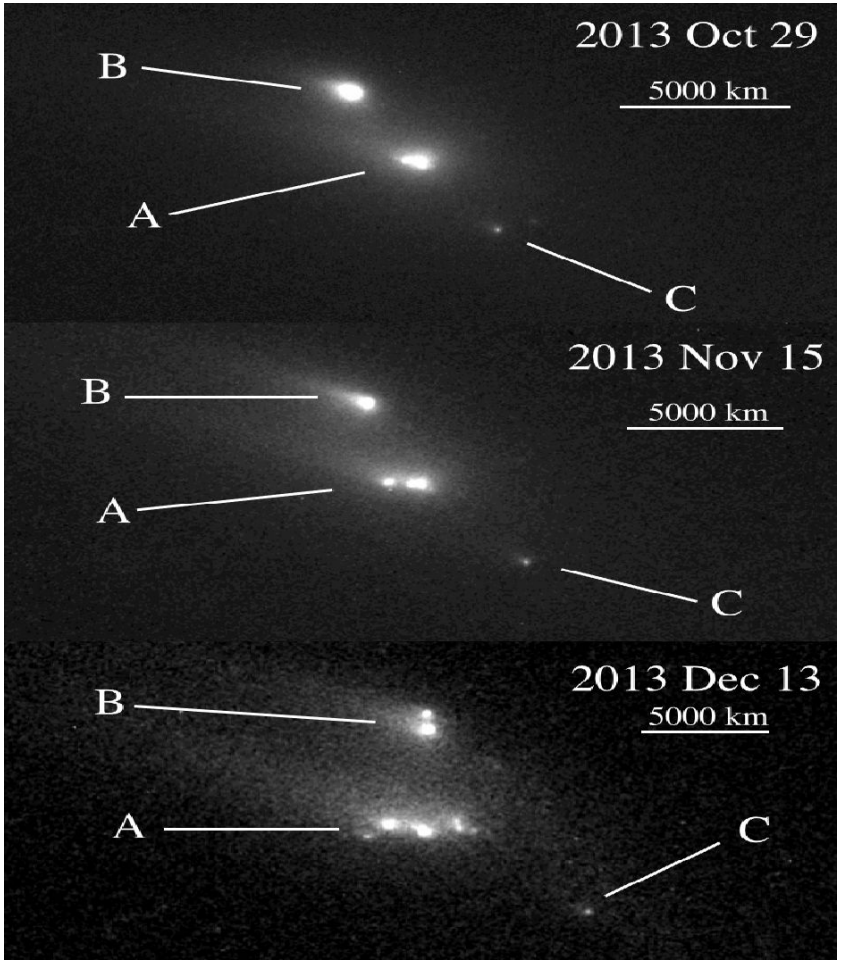
11 декабря 2010 года Стив Ларсон из обсерватории Mount Lemmon обнаружил, что блеск астероида увеличился почти в два раза и он, как комета, имел признаки комы. Позднее у этого объекта были обнаружены три хвоста. Вспышка астероида имела эпизодический характер, вызванная столкновением с небольшим телом (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 x 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, наблюденная вспышка и выброс пыли этого астероида вызван столкновением с небольшим объектом в поясе астероидов.

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

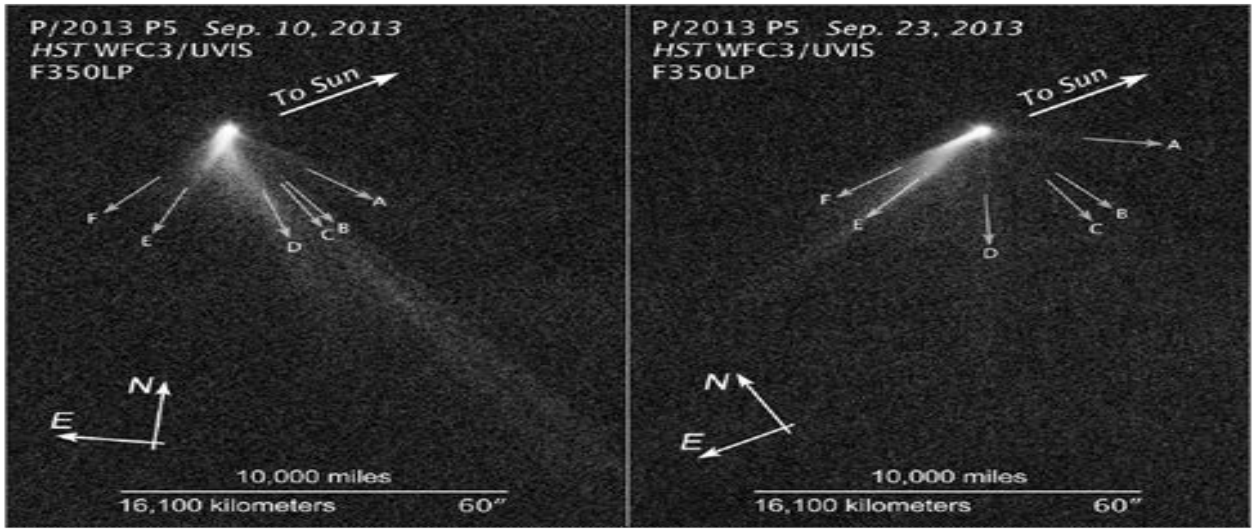


В октябре 2013 года, наблюдения P/2013 R3, показали распад ядра кометы на несколько фрагментов.

На снимке хорошо видны фрагменты A, B, C.

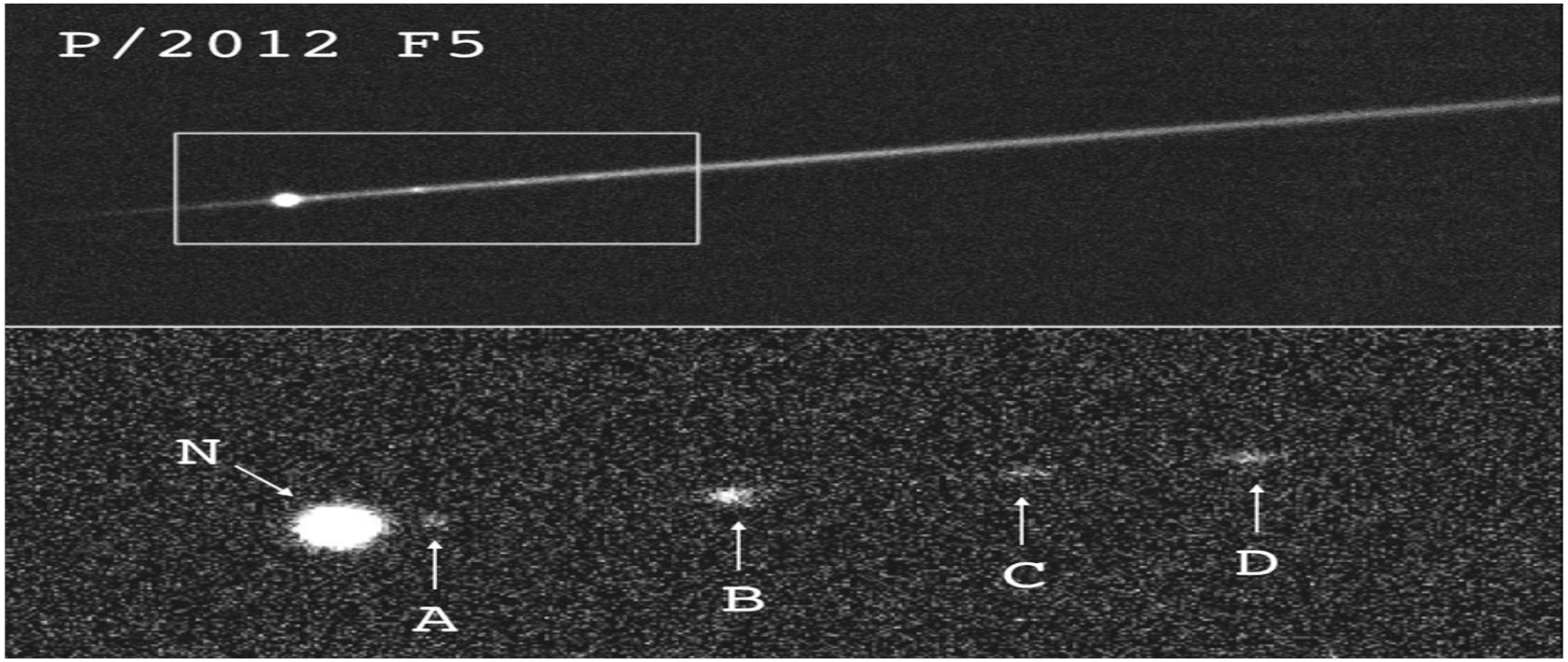
Распад объекта также был зафиксирован космическим телескопом Хаббла 6 марта 2014.

311P/Panstarrs = P/2013 P5, Tj = 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 ~ 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.