

ПОИСК ОКОЛОСОЛНЕЧНЫХ КОМЕТ СОХО

Гаврилова Е. С., Федорук Д. Д.

астрономия

11 класс, МОУ СШ № 105 Ворошиловского района Волгограда

Научные руководители: Глазов С.Ю., профессор кафедры высшей математики и физики ФГБОУ ВО ВГСПУ г. Волгограда, доктор физ.-мат. наук, доцент; учитель физики МОУ СШ № 105 Ворошиловского района Волгограда

Гадышева Н. С.

«Нам необыкновенно повезло, что мы живём в век, когда ещё можно делать открытия».

Р.Фейман

Введение.

Открытие!!! Кто не мечтает сделать открытие? Человек с рождения делает множество открытий в самых разных областях. Но нам захотелось сделать настоящее открытие - открытие в науке. Но в какой? Конечно же в астрономии! Ведь эта наука овеяна тайнами, несмотря на то, что здесь с древних времён, когда наблюдения велись невооруженным глазом, и до настоящего времени, когда на службе человека современные сложные астрономические приборы, очень часто совершаются открытия.

Астрономия — наука наблюдательная, главное в ней — открытия, в результате которых происходит изменение старых представлений. Поразмыслив над тем, что мы могли бы открыть, не располагая даже биноклем, мы остановились на кометах — объектах, с давних пор, будораживших умы, вызывавших суеверный страх у многих поколений людей.

Проведя исследование того, для чего и как открывают кометы, мы установили, что вполне возможно открыть комету при любой погоде, в любое время суток, даже не выходя из дома, но при этом используя современные достижения науки и техники. Это возможность поиска околосолнечных комет по

фотографиям космической обсерватории SOHO в режиме реального времени. Изучив соответствующую литературу, мы пришли к выводу, что для науки важны наблюдения за околосолнечными кометами, их поведением в потоках солнечного излучения. Благодаря SOHO – великому открывателю комет - в наши дни происходит изменение старых представлений о Солнце и солнечной системе в целом! И важную роль в этом играет открытие околосолнечных комет. А это доступно каждому.

Актуальность исследования: поиск и наблюдение комет в настоящее время чрезвычайно актуальны, так как, не смотря на тщательное их изучение, кометы хранят ещё много загадок, которые учёные пытаются разгадать. А наблюдение околосолнечных комет приводит к изменению научных знаний о Солнце и среде, заполняющей околосолнечное пространство.

Цель исследования: зарегистрировать околосолнечные кометы на SOHO и определить их характеристики.

Задачи исследования: ознакомиться с методами наблюдения комет с древности до наших дней; изучить методы обнаружения и регистрации комет на коронографах SOHO; вести ежедневные наблюдения околосолнечного пространства по фотографиям с коронографа LASCO C2 и C3; определить доступные характеристики обнаруженных комет; разработать памятку для любителей астрономии «Как открыть свою комету?»

Предмет исследования: поиск и изучение околосолнечных комет.

Гипотеза: проводя ежедневные наблюдения околосолнечного пространства по фотографиям коронографа SOHO, можно обнаружить околосолнечные кометы и провести доступные исследования их характеристик.

Методы исследования: изучение и анализ литературы; мониторинг околосолнечного пространства по фотографиям SOHO; систематизация и обработка фотографий в графическом редакторе Paint и в программе Adobe Photoshop CS 6; измерение координат обнаруженных комет на фотографиях,

вычисление перемещения и скорости комет, наблюдение за динамикой изменения яркости и процессом разрушения комет; анализ полученных данных и их систематизация; сравнение характеристик обнаруженных комет.

Основная часть.

Околосолнечные кометы (это кометы, у которых орбиты имеют перигелий меньше 0,1 а.е.) исследуют с помощью космических телескопов-коронаграфов. В 1996 году в исследования включилась солнечная гелиосферная обсерватория SOHO (*Solar Heliospheric Observatory*). Обсерватория движется вокруг Солнца, находясь в точке Лагранжа L1, и 24 часа в сутки ведет мониторинг процессов, происходящих на Солнце, контролируя окрестности нашей звезды до трёх десятков её радиусов. Поиск комет осуществляется с помощью широкоугольного спектрометрического коронаграфа LASCO – с двух телескопов C2 и C3 [7].

Ознакомившись с методами наблюдения комет с древности до наших дней [1,5]; изучив методы обнаружения и регистрации комет на коронаграфе SOHO [2]; проводя ежедневное наблюдение околосолнечного пространства по фотографиям с LASCO C2 и LASCO C3, мы смогли обнаружить три околосолнечные кометы семейства Крейца.

Свой первый околосолнечный объект мы обнаружили 26.11.2019 г. Он имел вид светящейся точки (в поле зрения LASCO C3), которая появилась из густонаселенной звёздной области Млечного пути, хорошо видимого в это время, и двигалась по направлению к Солнцу (фото 1). Хвост, характерный для кометы, у объекта на фотографиях с LASCO C3 не фиксировался.

Фотографии на SOHO выполняются с интервалом в 12 минут, хотя бывают сбои. Так, при движении нашего объекта на LASCO C3, не было фотографии в 22: 42 (таблица 1), а при движении на LASCO C2 – с 0:48 до 1:25 и с 2: 36 до 3:12. (таблица 2).

Просматриваются фотографии в режиме реального времени, они постоянно обновляются. Поэтому все фото данной точки за всё время её

движения нужно было скачать, что мы и сделали. Затем мы определили координаты точки в графическом редакторе Paint (таблицы на фото 1,2). Наложением фотографий в программе Adobe Photoshop CS6 на LASCO C2 и LASCO C3 мы получили траектории движения объекта в поле зрения обеих камер коронографа (фото 1, 2).

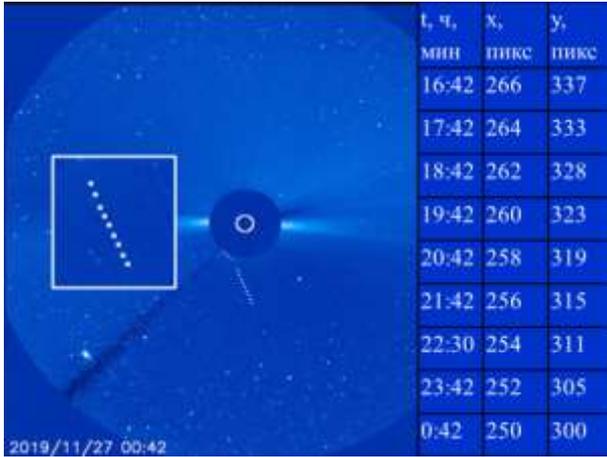


Фото 1. Движение и координаты кометы 1 (LASCO C3)

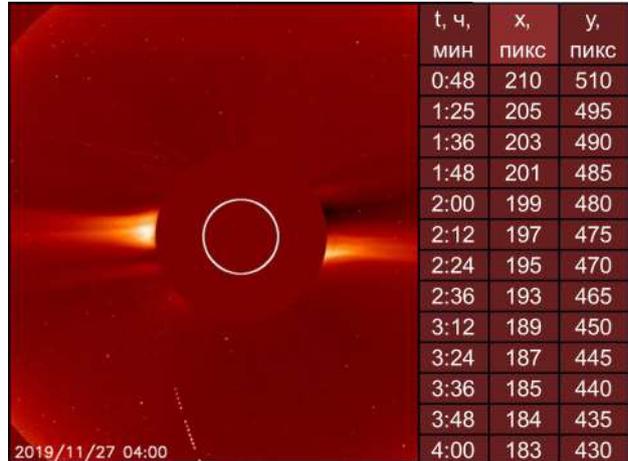


Фото 2. Движение и координаты кометы 1 (LASCO C2)

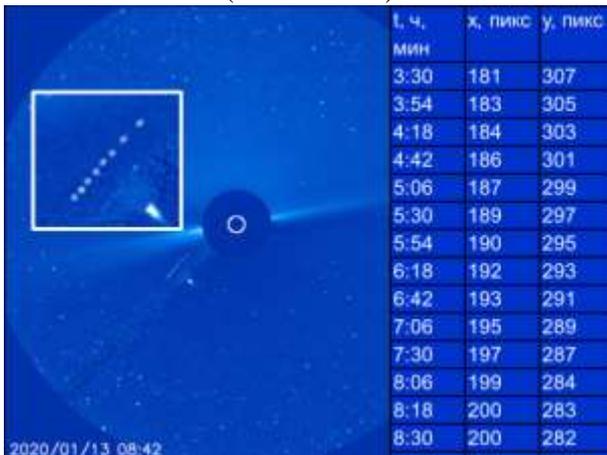


Фото 3. Движение и координаты кометы 2 (LASCO C3)

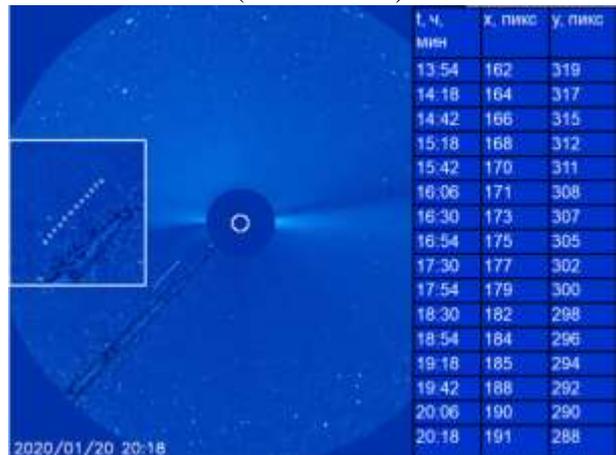


Фото 4. Движение и координаты кометы 3 (LASCO C3)

Далее, следуя указаниям в различных источниках, нам нужно было отправить координаты и фото наложения на идентификацию обнаруженного нами объекта на один из сайтов. Однако ни одна ссылка не работала, т.к. это была устаревшая информация 2012 г. Нам удалось идентифицировать объект только 5.01.2020 г, лишь после того, как мы обратились к Карлу Баттамсу, эксперту по кометам из научно-исследовательской лаборатории ВМС США, руководителю

программы по обнаружению околосолнечных комет SOHO. Карл Баттамс проинформировал нас о том, что это комета группы Крейца.

Как оказалось, первым сообщил о ней «охотник» за кометами Ворошат Бунплод (Worachate Boonplod), 25.11.2019 г. Ворошат Бунплод из Таиланда, он известен как открыватель трехтысячной кометы SOHO 13.09.2015 г.

Вторую комету мы наблюдали 13 января 2020 г. Но первым наблюдателем оказался вновь Ворошат Бунплод. Это была очень бледная, едва различимая на фоне LASCO C3 комета, в виде туманного пятнышка, хвоста не было. «Этот крошечный креутц-группа сангрейзер был замечен в одночасье, проходя через поле зрения LASCO C3 (и погружаясь в его гибель)» - так охарактеризовал Карл Баттамс вторую комету, за которой мы вели наблюдение [8]. «Сангрейзеры» - иначе - «задевающие Солнце кометы». Ещё одна комета группы Крейца появилась в поле зрения LASCO C3 - 20.01.2020 г и была доступна наблюдениям около 8 часов. Она была ещё менее яркой по сравнению со второй кометой.

Результаты и обсуждение.

Проанализировав движение комет и оценив расстояния, на которых они разрушились, мы выяснили, что ближе всего к Солнцу удалось подлететь первой, самой яркой комете - около 2,7 радиусов Солнца (1 879 200 км). Мы наблюдали её в течении 8 часов. За это время она переместилась на 76 pixels, что соответствует 3 094 452,48 км.

Вторая комета за 5 ч 12 мин переместилась на фото LASCO C3 на 70 pixels, что соответствует 2 850 154 км и приблизилась к фотосфере Солнца на расстояние около 6,2 R_{\odot} (4 315 200 км).

Третья комета была доступна наблюдениям 6 ч 24 мин. За это время она переместилась на 85 pixels, что соответствует 3 460 900 км. Комета приблизилась к фотосфере Солнца на расстояние около 7,8 R_{\odot} (5 428 800 км).

Оценить перемещения и скорости комет мы смогли по фотографиям, используя найденные координаты кометы в зафиксированные нами моменты времени.

Зная, поле зрения камер LASCО в градусах (С2 - 3°, С3 - 16 °) и их разрешение (1024×1024 pixels), мы получили значение одного пиксела в угловых секундах: на С2 - 1 pixels = 11,6", на С3 - 1 pixels = 56". Затем определили значение 1" в км, зная поле зрения камер в радиусах Солнца (С2 – 6R_☉, С3 - 30 R_☉). На С2 1"=775,56 км, на С3 1"=727,08 км. Из этих расчётов следует, что на С2 1 pixels = 8996,50 км, на С3 1 pixels = 40 716,48 км. Учитывая полученные значения, мы заполнили таблицы 1 и 2 в пикселах и километрах.

Приняв движение комет на фиксированных участках траектории равномерным, зная смещения по горизонтали и вертикали, мы определили перемещения за фиксированные промежутки времени для первой кометы на LASCО С2 (таблица 1) и на LASCО С3 (таблица 2), а также перемещения второй и третьей кометы (на LASCО С3) в пикселах (приложение, таблицы 4,5).

Затем рассчитали скорости комет за эти промежутки времени, абсолютные и относительные погрешности измерения. Произвели сравнение скоростей первой кометы со скоростями второй и третьей комет (таблица 3).

t, ч, мин	Δx, пикс	Δy, пикс	s, пикс	s, км	Δt, мин	v, км/с	Δ v , км/с
0:48 – 1:25	10	30	31,62	284503,80	37	128,15	4,61
1:25 – 1:36	4	10	10,77	96892,31	11	134,57	13,56
1:36 – 1:48	4	10	10,77	96892,31	12	134,57	1,73
1:48 – 2:00	4	10	10,77	96892,31	12	134,57	1,73
2:00 – 2:12	4	10	10,77	96892,31	12	134,57	1,73
2:12 – 2:24	4	10	10,77	96892,31	12	134,57	1,73
2:24 - 2:36	4	10	10,77	96892,31	12	134,57	1,73
2:36 - 3:12	4	30	30,26	272283,50	36	126,06	3,51
3:12 - 3:24	4	10	10,77	96892,31	12	134,57	1,73
3:24 - 3:36	2	10	10,2	91746,66	12	123,16	5,28
3:36 - 3:48	2	10	10,2	91746,66	12	123,16	5,28
3:48 – 4:00	2	10	10,2	91746,66	12	123,16	5,28

Таблица 1. Определение скорости движения кометы 1 (LASCO C2)

t, ч, мин	Δx , пикс	Δy , пикс	s, пикс	s, км	Δt , мин	v, км/с	$ \Delta v $, км/с
16:42 – 17:42	4	8	8,94	364005,33	60	101,11	13,19
17:42 – 18:42	4	10	10,77	438516,49	60	121,81	7,51
18:42 – 19:42	4	10	10,77	438516,49	60	121,81	7,51
19:42 – 20:42	4	8	8,94	364005,33	60	101,11	13,19
20:42 – 21:42	4	8	8,94	364005,33	60	101,11	13,19
21:42 – 22:30	4	8	8,94	364005,33	48	126,39	12,09
22:30 – 23:42	4	12	12,65	515063,47	72	119,23	4,93
23:42 – 00:42	4	10	10,77	438516,49	60	121,81	7,51

Таблица 2. Определение скорости движения кометы 1 (LASCO C3)

№ кометы	LASCO	$v_{\text{ср}}$, км/с	$ \Delta v _{\text{ср}}$, км/с	$\varepsilon_{\text{ср}}$
1	C3	114,30	10,83	9%
1	C2	128,52	3,88	3%
2	C3	144,22	17,04	12%
3	C3	160,27	26,42	17%

Таблица 3. Скорости движения для трёх комет

Мы обнаружили, что траектории комет при приближении к Солнцу отклоняются от прямолинейности. Так, траектория первой кометы представляла собой прямую линию на LASCO C3, а на LASCO C2 прямолинейность нарушалась в конце пути, это, возможно, связано с реактивными эффектами обломков разрушающейся кометы - суммарный импульс фрагментов ядра направлен к Солнцу.

Для второй кометы скорость в конце пути понизилась на 31,12 км/с, а затем всё, что осталось от ядра кометы выстрелило к Солнцу со скоростью в 6 раз большей средней – 911,59 км/с.

Поскольку, размеры кометы определяют исходя из их яркости [6], то можно утверждать, что первая комета имела самые большие размеры, а третья была самой маленькой.

Мы смогли пронаблюдать фрагментацию первой кометы. На фото 5 представлены изображения кометы в моменты времени с 0:48 до 4:00 (таблица на фото 2). На втором, третьем и четвёртом изображениях кометы (фото 6) след кометы наиболее заметен, причём, видно и само её разрушение. На пятом изображении мы можем видеть фрагмент, отпадающий от кометы.

Мы считаем, что можно предугадать, какая часть кометы разрушится следующей, так как на фото мы обнаружили такую закономерность: перед тем, как комета потеряет какой-либо свой фрагмент, эта часть кометы бледнеет. Само же ядро – это самая яркая часть кометы. Так мы можем наблюдать, что в промежуток времени между её вторым и десятым изображениями на фото, ядро заметно уменьшилось, как и комета в целом, а уже на тринадцатом – ядро совсем бледнеет перед тем, как окончательно разрушиться. Таким образом, тринадцатое положение кометы – это последнее её фото. Исходя из динамики разрушения кометы можно предположить, что у неё было железное или железокремнистое ядро, которое разрывалось на части под влиянием интенсивно испаряющейся ледяной и газовой её компонент и приливных сил со стороны Солнца.

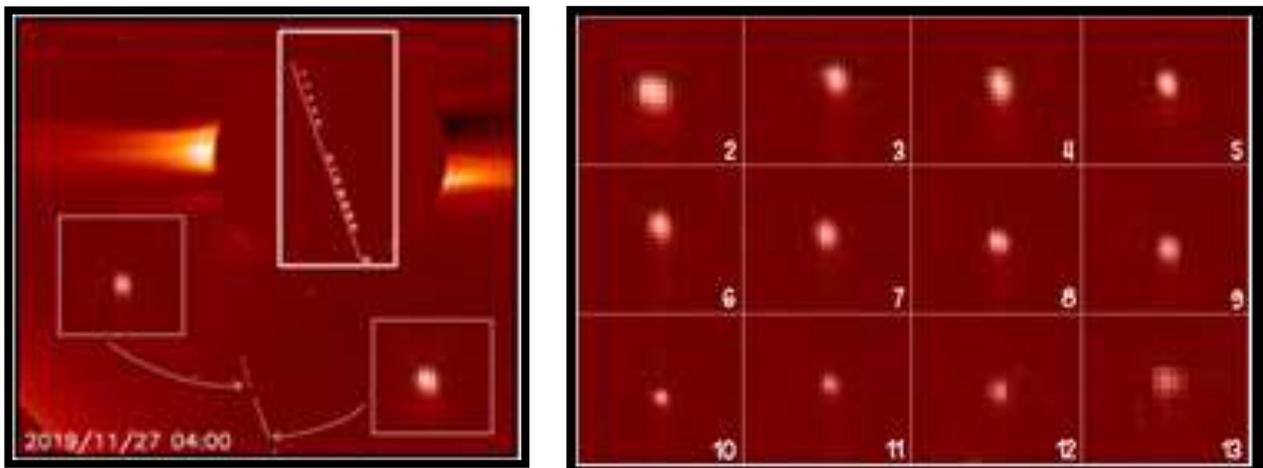


Фото 5, 6. Разрушение кометы 1 (LASCO C2)

Вторая и третья кометы имели ядра из льда с примесями т.к., по внешнему виду у них была кома, но, из-за малых размеров, они быстро испарились, не показав своего хвоста.

Для того, чтобы помочь всем любителям астрономии присоединиться к этому увлекательному процессу поиска комет на SOHO, мы разработали памятку «Как открыть свою комету SOHO?»

В процессе анализа литературы, мы обнаружили две работы учащихся московской школы по исследованию комет SOHO [3,4]. Авторы этих работ определяли средние скорости комет предполагая их движение на всём пройденном пути за всё время движения – равномерным. Такое допущение, как мы убедились, даёт значение скоростей комет с большей погрешностью, поскольку движение комет вблизи Солнца является ускоренным и ускорение тем больше, чем ближе комета к нему.

Выводы.

В работе проведён анализ движения трёх обнаруженных околосолнечных комет, оценены скорости их движения, перемещения и расстояния, на которые кометы смогли приблизиться к Солнцу. Описаны наблюдаемые траектории движения комет, проанализирован процесс фрагментации одной из комет, представлена методика поиска и определения отдельных физических параметров комет. Разработана памятка по наблюдению комет на SOHO.

Список источников:

1. Левин Б.Ю., Симоненко А.Н. Комета Галлея. – М.; «Знание», 1984, с 9.
2. Иванов И. Открой свою комету. «Наука и жизнь» № 4, 2012
https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431676(дата обращения 21.01.2020).
3. Казаков. Д.А. Исследование кометы C2011 W3 Lovejoy 2011 года.
<https://www.sites.google.com/site/sunactiv/kr> (дата обращения 21.01.2020).
4. Самоделкин И.Д. Исследования движения крейцеровых комет. 2011 г.
<https://www.sites.google.com/site/sunactiv/kr> (дата обращения 21.01.2020).
5. Святский Д.О. Астрономия древней Руси // [krotov.info>libr_min/from_1/0035svya.html](http://krotov.info/libr_min/from_1/0035svya.html) (дата обращения 21.01.2020).

6. Хроники безумной кометы. <https://lenta.ru/articles/2007/11/16/comet/>

(дата обращения 21.01.2020).

7. Шустов В.М. Кометы, «царапающие Солнце».

<https://fis.wikireading.ru/4078> (дата обращения 21.01.2020).

8. (@SungrazerComets): <https://twitter.com/SungrazerComets?s=09>

Приложение.

Таблицы определения перемещений и скоростей движения комет

t, ч, мин	Δx , пикс	Δy , пикс	s, пикс	s, км	Δt , мин	v, км/с	$ \Delta v $, км/с
3:30 – 3:54	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	15,82
3:54 – 4:18	2	4	4,47	182002,67	24	126,39	17,83
4:18 – 4:42	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	15,82
4:42 – 5:06	2	4	4,47	182002,67	24	126,39	17,83
5:06 – 5:30	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	15,82
5:30 – 5:54	2	4	4,47	182002,67	24	126,39	17,83
5:54 - 6:18	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	15,82
6:18 - 6:42	2	4	4,47	182002,67	24	126,39	17,83
6:42 - 7:06	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	15,82
7:06 - 7:30	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	15,82
7:30 - 8:06	4	6	7,21	293565,82	36	135,91	8,31
8:06 – 8:18	2	2	2,83	115227,64	12	160,04	15,82
8:18 – 8:30	0	2	2	81432,96	12	113,10	31,12
8:30 – 8:42	16	2	16,12	656349,66	12	911,59	-----

Таблица 4. Определение скорости движения кометы 2 (LASCO C3)

t, ч, мин	Δx , пикс	Δy , пикс	s, пикс	s, км	Δt , мин	v, км/с	$ \Delta v $, км/с
13:54 – 14:18	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	0,23
14:18 – 14:42	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	0,23
14:42 – 15:18	4	6	7,21	293565,82	36	135,91	24,36
15:18 – 15:42	2	2	2,83	115227,64	24	80,02	80,25
15:42 – 16:06	2	6	6,32	257328,15	24	178,70	18,43
16:06 – 16:30	4	2	4,47	182002,67	24	126,39	33,88
16:30 – 16:54	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	0,23
16:54 – 17:30	4	6	7,21	293565,82	36	135,91	24,36
17:30 – 17:54	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	0,23
17:54 - 18:30	6	4	7,21	293565,82	24	203,87	43,60
18:30 – 18:54	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	0,23

18:54 – 19:18	2	4	4,47	182002,67	24	126,39	33,88
19:18 - 19:42	6	4	7,21	293565,82	24	203,87	43,60
19:42 - 20:06	4	4	5,66	230455,28	24	160,04	0,23
20:06 – 20:18	2	4	4,47	182002,67	12	252,78	92,51

Таблица 5. Определение скорости движения кометы 3 (LASCO C3)