

Всероссийский форум научной молодёжи «Шаг в будущее»

(Россия, Москва, 29 марта – 30 апреля 2021 г.)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АСТЕРОИДОВ ГЛАВНОГО ПОЯСА ПО СОСТАВУ

Автор:

Гига Максим Янович, 9 класс,
Россия, Московская область, г. Звенигород
МАУ ДО Дом детского творчества
города Звенигород

Научный руководитель:

Вибе Анжелика Анатольевна, педагог
дополнительного образования, МАУ ДО Дом
детского творчества города Звенигород

Я, Вибе А.А., подтверждаю, что данный проект содержит не более 22 страниц, из них текст статьи и список литературы — не более 11 страниц, приложения — не более 10 страниц

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АСТЕРОИДОВ ГЛАВНОГО ПОЯСА ПО СОСТАВУ

Гига Максим Янович

Россия, Московская область, г. Звенигород, МАУ ДО Дом детского творчества города
Звенигород, 9 класс

Аннотация. В работе исследуется наличие зависимости между составом астероида и его положением в главном поясе астероидов в Солнечной системе, построено распределение почти 56000 астероидов по спектральным классам в зависимости от большой полуоси, выявлена зависимость между химическим составом астероида и его средним расстоянием до Солнца в главном поясе астероидов.

Ключевые слова: главный пояс астероидов, спектральная классификация астероидов, распределение астероидов.

Введение

Главный пояс астероидов — это интересная область в Солнечной системе между орбитами Марса и Юпитера, заполненная объектами, сформировавшимися вместе с планетами, но оставшимися с тех пор неизменными, в отличие от планет. Поэтому астероиды представляют для учёных большой интерес с точки зрения формирования Солнечной системы в целом. Но для построения модели формирования необходимо знать химический состав астероидов и их распределение в зависимости от расстояния от Солнца. Состав астероидов определяется с помощью спектрального анализа, по результатам которого объект причисляют к одному из спектральных классов, разработанных специально для астероидов [1]. Спектральный класс — одна из основных характеристик астероида (наряду с параметрами орбиты и массой), включающей спектр, цвет и иногда альбедо (отражающая способность поверхности). Считается, что классы подразумевают химический состав *поверхности* астероида. По оценкам учёных, количество астероидов главного пояса может превышать несколько миллионов, но на сегодня известно порядка 800 тысяч объектов.

Цель данного исследования — установление зависимости между химическим составом астероидов и их положением в главном поясе. **Задачи** исследования — используя базу данных по спектральной классификации астероидов, построить с помощью компьютерной программы распределение астероидов по составу в зависимости от расстояния до Солнца и объяснить возможные причины такого распределения.

Ход работы

- 1) Изучение информации о происхождении астероидов главного пояса, о методах их исследования, способах получения информации о составе астероидов, видах классификации астероидов.
- 2) Выбор способа обработки больших объёмов данных, написание программы для сортировки астероидов «Астероид-Класс-Состав».
- 3) Построение распределения астероидов по классам в зависимости от большой полуоси: графиков и кольцевых диаграмм.
- 4) Анализ полученных результатов, объяснение причин, которые вызывают подобное распределение астероидов.

Распределение астероидов главного пояса

Уже с конца XIX века известно, что астероиды в главном поясе распределены не равномерно, а имеются места, в которых их мало, например, на расстояниях 2.5, 2.8 и 2.9 а.е. от Солнца (так называемые люки Кирквуда, 1867 г.) [2]. Это связано с резонансным влиянием Юпитера. Но только ли Юпитер влияет на распределение астероидов в главном поясе? В процессе формирования Солнечной системы более лёгкие химические элементы в протопланетном диске давлением излучения Солнца «выдувались» дальше от центра Солнечной системы, а более тяжелые оставались ближе. Поэтому химический состав астероидов тоже должен был внести свой вклад в их распределение в главном поясе.

Спектральная классификация астероидов

Состав астероидов можно узнать с помощью спектрального анализа. Существует несколько классификаций астероидов по спектру [3]. Первая была предложена в 1975 г. К. Чепменом, Д. Моррисоном и Б. Зеллнером. Она включала три типа: C — тёмные углистые объекты, S — каменные (силикатные) объекты и U для всех остальных астероидов. Сегодня астрономами используется классификация Дэвида Толена, разработанная в 1984 г., и классификация SMASS 2002 года, разработанная Ш. Басом и Р.П. Бинзелем в результате изучения 1447 астероидов (проект «Спектральное изучение малых астероидов главного пояса астероидов», SMASS). В обеих классификациях выделяются три основных класса. **Астероиды класса C** — тёмные углистые объекты. Это наиболее распространённый класс астероидов, в него входит 75% всех известных астероидов. **Астероиды класса S** — каменные астероиды, имеющие силикатный состав, составляют 17% всех известных астероидов, образуя второй по

распространённости класс астероидов. **Астероиды класса М** — третий по многочисленности класс астероидов — обладают умеренным альбедо и содержат в своём составе металлы (никель и железо) с примесью кремния и др. элементов. Возможно, что именно они являются источником железных метеоритов.

База данных

При выполнении исследования использовалась база данных SDSS-based Asteroid Taxonomy [4] (Planetary Science Institute, 2010 г.), основанная на «Слоуновском цифровом обзоре неба» и близкая к классификации SMASS (рис. 1).

SDSS-based Asteroid Taxonomy							
№	Название	Класс	Н (абсол. астер. велич.)	a	e	sin i	
166	Rhodope	-	C	09.89	2.6859	0.1759	0.2005
183	Istria	-	S	09.68	0.0000	0.0000	0.0000
208	Lacrimosa	-	S	08.96	2.8929	0.0450	0.0372
220	Stephania	-	X	11.00	2.3486	0.2037	0.1545
227	Philosophia	-	C	08.70	3.1443	0.2209	0.1846
232	Russia	-	CX	10.25	2.5531	0.2227	0.0966

Рис. 1. База данных SDSS-based Asteroid Taxonomy (выдержка)

Помимо трёх основных групп астероидов, она содержит астероиды с красным спектром (вероятное присутствие в их составе толинов, минералов розоватого цвета, образующихся из метана и этана в бескислородной атмосфере под действием УФ излучения Солнца) [5]. Всего в базе данных содержится около 56000 объектов, которые были разбиты на 4 группы: *углистые* (классы C, B, D, F, G), *силикатные* (классы S, A, Q, R, V), *металлические* (классы X, M, E, P) и с красным спектром — *красные* — (класс L) (рис. 2).

```
String [] coal = {"C", "B", "D", "F", "G", "CL", "DL", "CX", "CO", "CS", "DS", "CQ", "CD"}; //углистые
String[] silicate = {"S", "V", "A", "Q", "R", "QV", "SQ", "AQ", "SV", "SA", "QO", "AV", "SO"}; //силикатные
String[] metal = {"X", "E", "M", "P", "XD", "XL", "XS"}; //металлические
String[] red = {"L", "LS", "LQ", "LA",}; //с красным спектром
String[] classesToDelete = {"O", "OV"}; //предназначенные для удаления
```

Рис. 2. Выборка групп астероидов по спектрам

Сортировка астероидов по составу

Для сортировки и обработки базы данных была написана компьютерная программа «Астероид-Класс-Состав» (см. Приложение 1) на языке программирования java (за его эффективность в работе с большим объёмом информации и нетребовательность к ресурсам компьютера). Задачи программы — выбор из базы объектов соответствующих спектральных классов, сортировка их по большой полуоси (от 2.0 до 3.9 а.е. с шагом 0.01 а.е.), подсчёт количества объектов на данном расстоянии и вывод результата на экран. Результат подсчёта с шагом 0.1 а.е. показан в Таблице 1.

Таблица 1. Количество астероидов разного состава в зависимости от среднего расстояния до Солнца

№	Большая полуось, а.е.	Углистые	Силикатные	Металлические	Красные
1	2,0	0	0	0	0
2	2,1	9	114	2	26
3	2,2	574	2092	100	458
4	2,3	1327	4506	265	936
5	2,4	1737	4541	278	1125
6	2,5	694	1932	160	708
7	2,6	2017	4170	369	1854
8	2,7	2189	2636	368	1228
9	2,8	1701	1407	287	671
10	2,9	662	767	200	358
11	3,0	1874	711	634	861
12	3,1	3592	634	746	830
13	3,2	2767	158	326	141
14	3,3	34	1	8	0
15	3,4	100	5	23	1
16	3,5	37	1	12	2
17	3,6	5	0	1	0
18	3,7	0	0	1	0
19	3,8	0	0	1	0
20	3,9	0	0	0	0
Итого (кол-во/ %)		19319/35	23675/42	3781/7	9199/16

Всего было рассортировано 55974 астероида, из них 19319 углистых (35 %), 23675 силикатных (42 %), 3781 металлический (7 %) и 9199 красных (16 %).

Результаты и обсуждение

Для каждой группы были построены графики распределения астероидов в зависимости от большой полуоси (рис. 4, 5, 6, 7). Графики распределения, например, углистых астероидов по большим полуосям с шагом 0.1 а.е. (рис. 3) и с шагом 0.01 а.е. (рис. 4) не отличаются друг от друга, но скрадываются некоторые детали распределения.



Рис. 3. Распределение углистых астероидов (с шагом 0.1 а.е.).

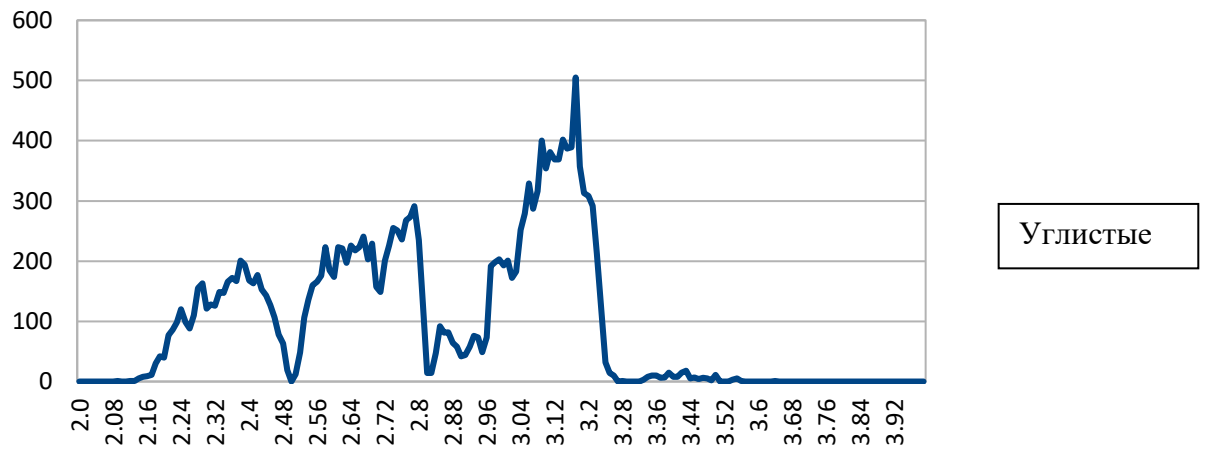


Рис. 4. Распределение углистых астероидов (с шагом 0.01 а.е.).

Поэтому был выбран шаг 0.01 а.е., чтобы хорошо были видны люки Кирквуда — резонансные области в поясе астероидов. Распределение силикатных, металлических и красных астероидов по большой полуоси показано соответственно на рис. 5, 6, 7.

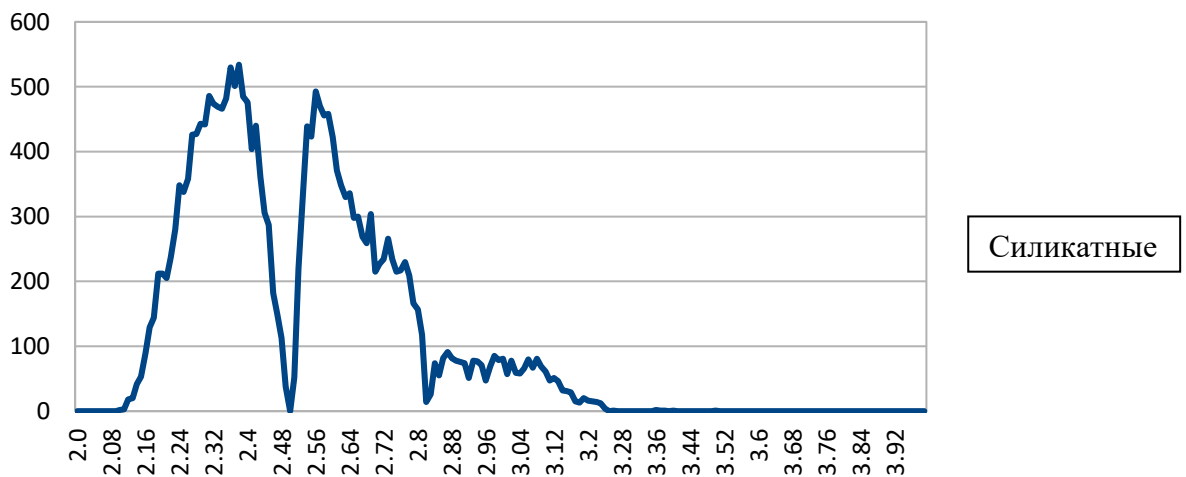


Рис. 5. Распределение силикатных астероидов.

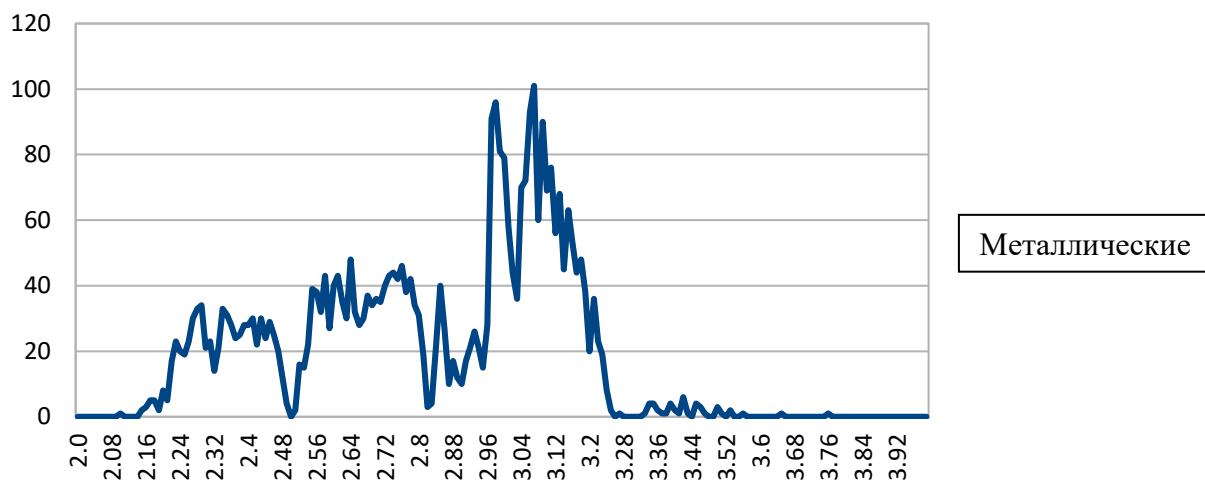


Рис. 6. Распределение металлических астероидов.

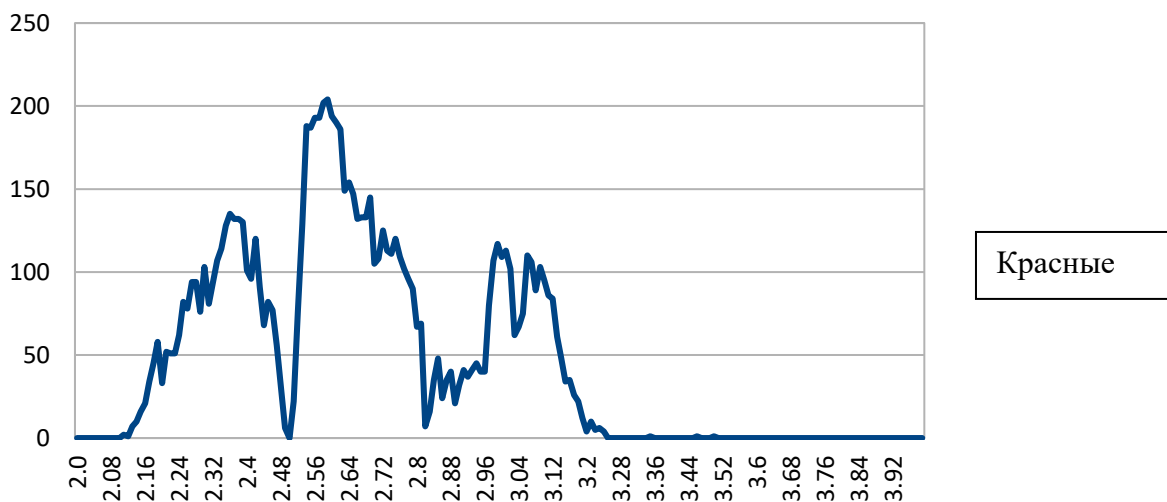


Рис. 7. Распределение астероидов с красным спектром

На основе полученных распределений можно сказать, что астероиды в каждой из четырёх групп, как правило, находятся в трёх местах главного пояса астероидов. При этом для каждой группы расстояние максимумов распределения («пиков») от Солнца различно. Максимальное количество углистых астероидов находится на внешнем крае пояса, силикатных — на внутреннем, красных — в средней части, а металлических — около внешней части пояса.

Объяснением подобного распределения для углистых, силикатных и красных астероидов можно считать дифференциацию в протопланетном диске [6], при которой более лёгкие объекты (углистые астероиды) образовались дальше от Солнца (рис. 3), а более тяжелые (силикатные и красные) сформировались ближе (рис. 5 и 7). Каменные астероиды, состоящие

из безводных силикатов, оказались ближе к Солнцу, чем углистые астероиды, в которых часто обнаруживают следы воды (в связанном состоянии и в виде обычного водяного льда) [7]. Во внутренних областях пояса влияние солнечной радиации было более значительно, что привело к выдуванию лёгких элементов, в частности воды, на периферию. В результате вода сконденсировалась на астероидах внешней части пояса, а во внутренних областях, где астероиды прогреваются достаточно хорошо, её практически не осталось.

Положение металлических астероидов можно объяснить их происхождением. Металлические астероиды являются обломками ядер довольно крупных объектов (планетезималей или астероидов) размером порядка 1000 км, которые разрушились в результате взаимных столкновений на ранних стадиях формирования Солнечной системы. Поэтому, возможно, что на месте сосредоточения металлических астероидов существовали объекты, типа Цереры, которые разрушились на мелкие и остались на этом же расстоянии, только рассредоточились по всей орбите бывшего большого астероида.

Графическое представление распределения астероидов не очень наглядно демонстрирует положение астероидов разного состава друг относительно друга. Поэтому лучше представить их место в главном поясе в виде кольцевой диаграммы, фактически показывающей орбиты астероидов (без учёта наклона орбит). Поскольку орбиты астероидов не сильно отличаются от окружности, то данная кольцевая диаграмма будет адекватно показывать их положение относительно Солнца (рис. 8).

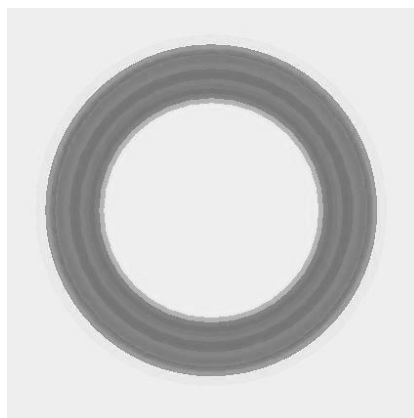


Рис. 8. Кольцевая диаграмма распределения всех астероидов разного состава в главном поясе.

На диаграмме видно, что выделяются три группы астероидов: на внутренней части пояса, на внешней и в середине пояса — 3 пика и 2 провала между ними (люки Кирквуда). Чтобы понять, каков вклад каждого вида астероидов в пики, были построены кольцевые диаграммы

разных цветов (*синим* — углистые, *зелёным* — силикатные, *жёлтым* — металлические, *пурпурным* — красные) по 2 вида (рис. 9).

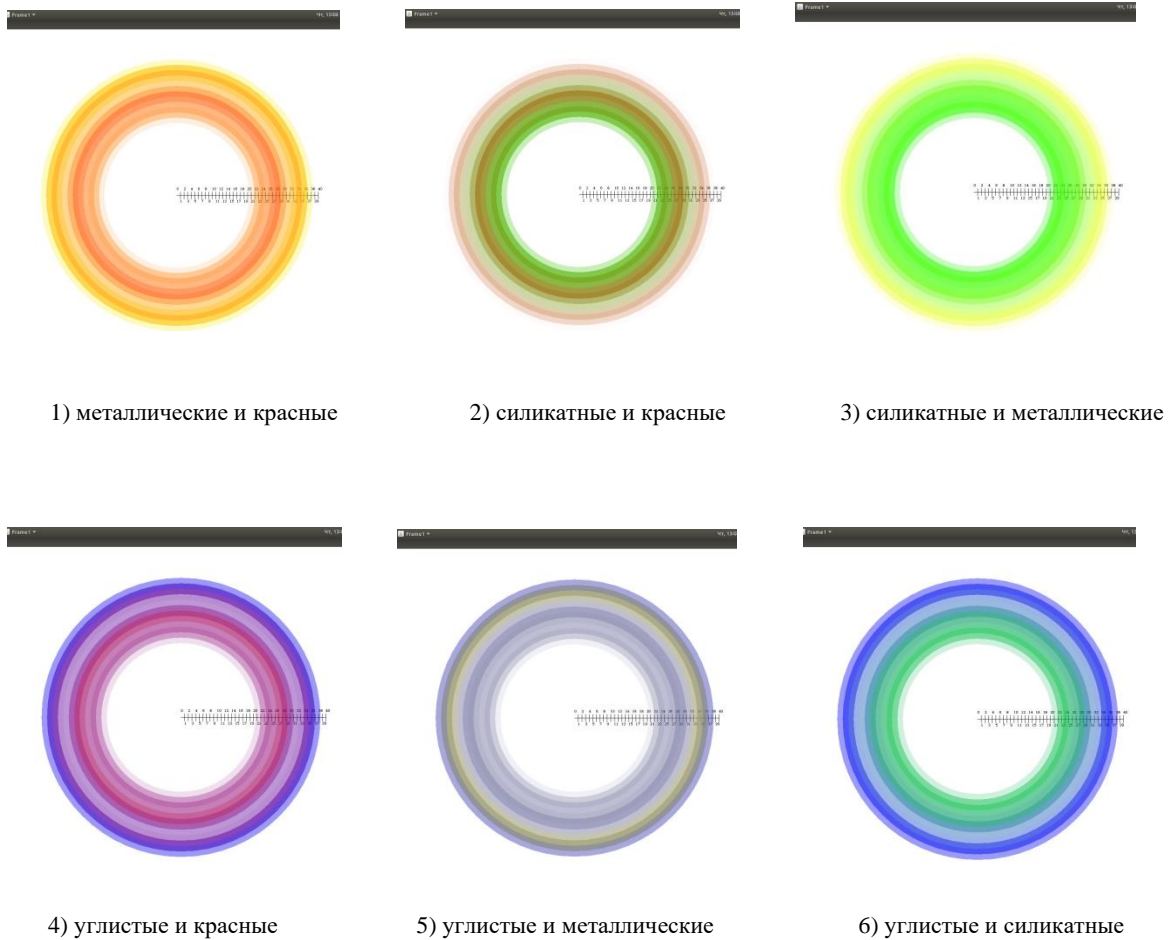


Рис. 9. Кольцевые диаграммы распределения астероидов по 2 вида.

Кольцевые диаграммы наглядно показывают, что максимальное количество астероидов разного состава не совпадает по своему положению относительно Солнца, только слегка перекрываются пики углистых и металлических астероидов (*см. Приложение 2*).

Анализ упавших на Землю металлических (железных и железно-каменных) метеоритов показывает, что они имеют немного разный состав, позволяющий разделить их на несколько групп. Так как современная классификация метеоритов основана на их физических, химических, изотопных и минералогических свойствах, то можно выявить их общее происхождение от одного или нескольких материнских тел. В классификации металлических метеоритов имеется 4 группы железно-каменных и 21 группа железных метеоритов в зависимости от содержания металлов (железа, никеля, алюминия и др.) и неметаллов (кремния, серы и др.). То есть можно утверждать, что породило такие метеориты несколько объектов, общее количество которых не менее 25 штук [7].

Динамическое моделирование пояса астероидов последних лет показывает, что в нём постоянно происходит движение: Юпитер, Сатурн и Марс вносят большой вклад в изменение положения астероидов [8]. Поэтому возникает законный вопрос, почему при таком долговременном перемешивании астероиды всё-таки разделяются по составу на более-менее чёткие группы? Родительские тела типа Цереры могли появиться в любом месте пояса, например, на внешнем крае, а после разрушения получившиеся осколки мигрировали в другие части пояса. По нашим расчётам, например, на пик металлических астероидов приходится меньше половины всей группы, а на пик углистых — всего 7 часть от всех углистых астероидов. Более точный ответ на этот вопрос сможет дать более реалистичная модель распределения астероидов по составу, основанная на детальном анализе всех астероидов главного пояса, а не его десятой или даже двадцатой части, исследованной в данной работе.

Вывод

В результате исследования положения 55974 астероидов была выявлена довольно чёткая зависимость между химическим составом астероида и его средним расстоянием до Солнца в главном поясе астероидов. *Максимальное* количество углистых астероидов находится на расстоянии 3,1 а.е., силикатных — на 2,4 а.е., металлических — на 3,0 а.е., красных (толиновых) — на 2,6 а.е. Такое распределение можно объяснить формированием лёгких и тяжёлых объектов в ранней Солнечной системе на разных расстояниях от Солнца. Металлические астероиды, скорее всего, образовались из крупных разрушившихся объектов, находившихся на внешнем крае пояса. А их современное положение в других частях пояса говорит о миграционном процессе в поясе, происходящем под влиянием ближайших планет Юпитера, Марса и Сатурна.

Малые тела принадлежат к самому многочисленному и наиболее динамичному семейству тел Солнечной системы, и их изучение составляет важный раздел планетных исследований. Многие из них содержат первичное вещество, из которого сформировалась Солнечная система, и поэтому они имеют ключевое значение для ответа на фундаментальные вопросы планетной космогонии и космохимии, например, о причинах образования именно такой конфигурации Солнечной системы, о механизмах появления облака Оорта и другие [9].

Космические технологии второй половины XX века обеспечили первый небывалый интерес к изучению всего семейства тел Солнечной системы. Они неизмеримо расширили возможности исследований во всех диапазонах ЭМС, выявив многие уникальные

особенности природы планет и малых тел, развил тем самым новые направления в науке: сравнительную планетологию, космофизику, космохимию и астробиологию. В современную эпоху планетные исследования переживают новый переломный этап в своём развитии. Новый виток технологического прогресса открывает поистине необозримые перспективы расширения знаний о планетах и других телах Солнечной системы, а в дальнейшем — овладения их природными ресурсами и распространения сферы обитания человечества за пределы собственной планеты.

Заключение

С помощью разработанной компьютерной программы «Астероид-класс-состав» проанализирована база данных астероидов SDSS-based Asteroid Taxonomy, основанная на «Слоуновском цифровом обзоре неба», построено распределение около 56000 астероидов по составу в зависимости от большой полуоси, выявлена связь между составом астероида и его положением в главном поясе, предложены объяснения причин такого распределения. Цель работы достигнута, работа выполнена полностью.

Список литературы

1. Сурдин, В.Г., Вселенная от А до Я. — М.: Эксмо, 2012. — 480 с.: ил.
2. Маров, М.Я., Космос: От Солнечной системы вглубь Вселенной. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 536 с.
3. Щербина, М. П. Спектрофотометрия астероидов в 2016 г. и интерпретация их спектров отражения / Щербина М. П., Бусарев В. В., Барабанов С. И. // Экологический вестник научных центров ЧЭС. — 2017. — №4. Вып. 2. — С. 148-156.
4. Lazzaro D., Mothe-Diniz T., SDSS-based Asteroid Taxonomy, Planetary Science Institute, 2010. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://sbn.psi.edu/pds/resource/sdsstax.html>
5. Многоканальная астрономия / Ред.-сост. А.М. Черепашук. — Фрязино: «Век 2», 2019. — 528 с.: ил.
6. Дорофеева В.А., Макалкин А.Б., Эволюция ранней Солнечной системы. Космохимические и физические аспекты. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 264 с.
7. Малые тела Солнечной системы. Происхождение астероидов. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://galspace.spb.ru/index371-1.html>
8. Мюррей К., Дермотт С., Динамика Солнечной системы / Пер. с англ. под ред. И.И. Шевченко. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 588 с.
9. Астрономия: век XXI / Ред.-сост. В.Г. Сурдин. — Фрязино: «Век 2», 2008. — 2-е изд., испр. и доп. — 608 с.: ил.

Компьютерная программа «Астероид-Класс-Состав»

```

import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.ObjectOutputStream;
import java.io.Serializable;
import java.nio.charset.StandardCharsets;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;
import java.util.Scanner;
import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.text.DecimalFormat;
import java.text.DecimalFormatSymbols;
/**
 *
 * @author max
 */
public class AstronomyClassification {

    /**
     * @param args the command line arguments
     */
    public static void main(String[] args) throws FileNotFoundException,
    IOException {
        DecimalFormat f = new DecimalFormat("##.##"); //класс для
округления. ##.0 - до десятых; ##.00 - до сотых.
        DecimalFormatSymbols dfs = new DecimalFormatSymbols(); //класс для
правильного отображения отформатированного числа
        dfs.setDecimalSeparator('.'); //замена
запятых на точки
        f.setDecimalFormatSymbols(dfs);
        int accuracy = 100; //точность
округления. 10 - до десятых; 100 - до сотых
        final String fileName = "/file.txt"; //название
файла с данными
        String contents = readUsingScanner(fileName); //первоначальная
строка с данными
        String[] contents2 = contents.trim().split("\\s+"); //массив с
данными
        int countOfVariables = 9; //количество
вводных условий
        Scanner scan = new Scanner(System.in);
        System.out.println("удалить неподтвержденные элементы: 1 - Да 0 - нет");
        int deleteElements =scan.nextInt();
        System.out.println(contents2.length);

        String [] coal = {"C",
"В", "Д", "F", "G", "CL", "DL", "CX", "CO", "CS", "DS", "CQ", "CD"}; //углистые
        String[] silicate =
{"S", "V", "A", "Q", "R", "QV", "SQ", "AQ", "SV", "SA", "QO", "AV", "SO"};
//силикатные
        String[] metal = {"X", "E", "M", "P", "XD", "XL", "XS"};
//металлические
        String[] red ={"L", "LS", "LQ", "LA", };
//с красным спектром
        String[] classesToDelete ={"O", "OV"};
//предназначенные для удаления

```

```

List<String> list = new ArrayList<>(); //изначальная
коллекция данных
List<Integer> numberInDataBase = new ArrayList<>(); //номер
астероида в таблице. Нужен для определения является ли астероид подтвержденным
List<String> AsteroidSpectralClass = new ArrayList<>(); //спектральный
класс астероида
List<Double> semimajorAxis = new ArrayList<>(); //большая
полуось

List<Double> AsteroidsWithSameAxis = new ArrayList<>();
List<Double> listAfterFormatting = new ArrayList<>();

Collections.addAll(list, contents2);

for(int il =0;il<list.size();il+=countOfVariables){
    numberInDataBase.add(Integer.valueOf(list.get(il))); //запись номера
астероида в таблице
}
for(int il =4;il<list.size();il+=countOfVariables){
    AsteroidSpectralClass.add(list.get(il)); //запись класса
астероида
}
for(int il =6;il<list.size();il+=countOfVariables){
    semimajorAxis.add(Double.valueOf(list.get(il))); //запись большой
полуоси
}
for(int ii=0; ii<10;ii++){
    for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){
        if(semimajorAxis.get(i)==0){
            numberInDataBase.remove(i);
            AsteroidSpectralClass.remove(i);
            semimajorAxis.remove(i);
        }
    }
}
if(deleteElements==1){
    for(int ii=0; ii<10;ii++){
        for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){
            if(numberInDataBase.get(i)==0){
                numberInDataBase.remove(i);
                AsteroidSpectralClass.remove(i);
                semimajorAxis.remove(i);
            }
        }
    }
}
System.out.println(semimajorAxis.size());
System.out.println("выберите класс: 1-углистые; 2-силикатные; 3-
металлические; 4-с красным спектром");
int type =scan.nextInt();
for(int ii=0; ii<10;ii++){
    if(type!=1){
        for(int il=0;il< coal.length;il++){
            for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){ //удаление угольных
                if(AsteroidSpectralClass.get(i).equals(coal[il])){
                    numberInDataBase.remove(i);
                    AsteroidSpectralClass.remove(i);
                    semimajorAxis.remove(i);
                }
            }
        }
    }
}
if(type!=2){

```

```

        for(int il=0;il< silicate.length;il++){
            for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){
//удаление силикатов
                if(AsteroidSpectralClass.get(i).equals(silicate[il])){
                    numberInDataBase.remove(i);
                    AsteroidSpectralClass.remove(i);
                    semimajorAxis.remove(i);
                }
            }
        }
    }
    if(type!=3){
        for(int il=0;il< metal.length;il++){
            for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){
//удаление зонтичных и остальных
                if(AsteroidSpectralClass.get(i).equals(metal[il])){
                    numberInDataBase.remove(i);
                    AsteroidSpectralClass.remove(i);
                    semimajorAxis.remove(i);
                }
            }
        }
    }
    if(type!=4){
        for(int il=0;il< red.length;il++){
            for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){
//удаление L LS
                if(AsteroidSpectralClass.get(i).equals(red[il])){
                    numberInDataBase.remove(i);
                    AsteroidSpectralClass.remove(i);
                    semimajorAxis.remove(i);
                }
            }
        }
    }
    for(int il=0;il< classesToDelete.length;il++){
        for(int i=0;i<AsteroidSpectralClass.size();i++){
            if(AsteroidSpectralClass.get(i).equals(classesToDelete[il])){
                numberInDataBase.remove(i);
                AsteroidSpectralClass.remove(i);
                semimajorAxis.remove(i);
            }
        }
    }
}
System.out.println(numberInDataBase.size());
System.out.println("выберите число элементов");
int count1=scan.nextInt();
int count_of_elements=count1;
do{
    int positionInDataBase = AsteroidSpectralClass.size()-1;
    numberInDataBase.remove(positionInDataBase);
    AsteroidSpectralClass.remove(positionInDataBase);
    semimajorAxis.remove(positionInDataBase);
}while(AsteroidSpectralClass.size()>count_of_elements);

Collections.sort(semimajorAxis);

for(int i=0;i<semimajorAxis.size();i++){
    listAfterFormatting.add(Double.valueOf(f.format(semimajorAxis.get(i))));
}
for(int i=2*accuracy;i<4*accuracy;i++){
    double ii = i;

```

```
double i1 = ii/accuracy;
for(int c=0;c<listAfterFormatting.size();c++){
    AsteroidsWithSameAxis.add(listAfterFormatting.get(c));
}
for(int x=0; x<20;x++){
    for(int d=0;d<AsteroidsWithSameAxis.size();d++){
        if(AsteroidsWithSameAxis.get(d)!=i1){
            AsteroidsWithSameAxis.remove(d);
        }
    }
}
System.out.println(i1+" : "+AsteroidsWithSameAxis.size());
//System.out.println(AsteroidsWithSameAxis.size());
//System.out.println(i1);
}
System.out.println(semimajorAxis.size());
System.out.println(" ");
}
private static String readUsingScanner(String fileName) throws IOException {
    String data;
    try (Scanner scanner = new Scanner(new File("file.txt"),
StandardCharsets.UTF_8.name())) {
        data = scanner.useDelimiter("\\A").next();
    }
    return data;
}
}
```

Кольцевые диаграммы положения астероидов в главном поясе каждого вида

