3. Molecular structure by diffraction methods / Ed. by Sim G.A. and Sutton L.E. The Chemical Society, Burlington House, Piccadilly, London, 1973. P. 125.
4. Quijano-Quirónes R.F., Quesadas-Rojas M., Cuevas G., Mena-Rejón G.J. The rotational barrier in ethane: a molecular orbital study // *Molecules*. 2012. V. 17. N 4. P. 4661-4671.
5. HyperChem 8.0. <http://www.hyper.com>.
6. Laikov D.N., Ustynyuk Yu.A. PRIRODA-04: a quantum-chemical program suite. New possibilities in the study of molecular systems with the application of parallel computing // *Russian Chemical Bulletin*. 2005. V. 54. № 3. P. 820-826.
7. Dows D.A., Hexter R.M. Infrared spectra of gaseous and solid digermane // *J. Chem. Phys.* 1956. V. 24. N 5. P. 1029-1033.
8. Кузнецов В.В. Конформационные свойства этана и его аналогов в нанотрубках // *Росс. хим. журн.* 2017. Т. 61. № 1. С. 37-47.

Максимов Ф.Ф.¹, Захарова С.С.², Павлов Н.М.¹, Максимова Т.П.¹

Исследование химического состава Челябинского метеорита

¹*Средняя общеобразовательная школа
(Россия, Горный улус, с.Бердигестях)*

²*Северо-восточный государственный университет им. М.К. Аммосова
(Россия, Якутск)*

doi:10.18411/lj-31-03-2018-05

idsp: 000001:lj-31-03-2018-05

Аннотация

В статье дается описание внешнего вида и внутренней структуры осколка метеорита; его минеральный и элементный состав. Проведена классификация метеорита по его элементному составу. Изучение химического состава метеоритов подтверждает материальное единство вселенной, и именно то, что метеориты, и наша Земля, и вообще все небесные тела солнечной системы состоят из одних и тех же химических элементов. Это говорит об их общем происхождении, об их генетической связи.

Ключевые слова: метеорит, минеральный состав метеорита, атомно-эмиссионный спектрометр

Abstract

The article describes the appearance and internal structure of the meteorite fragment; its mineral and elemental composition. Classification of the meteorite by its elemental composition is carried out. The study of the chemical composition of meteorites confirms the material unity of the universe, and precisely that meteorites, and our Earth, and in general all the celestial bodies of the solar system consist of the same chemical elements. This indicates their common origin, their genetic connection.

Key words: meteorite, mineral composition of meteorite, atomic emission spectrometer

В Челябинске 15 февраля 2013 года в 9:20 по местному времени было отмечено вхождение в атмосферу метеорита на огромной скорости, который взорвался на высоте около 20 километров над городом, в результате чего были обнаружены в окрестностях города его осколки различных размеров. Вес самого крупного фрагмента Челябинского метеорита составил 503,3 кг. Данное небесное тело оказалось самым крупным из тех, что падали на Землю после Тунгусского метеорита (1908 г). По числу пострадавших (1613 человек) падение этого метеороида не имеет аналогов в мировой истории.

Метеориты непрерывно падают на Землю. По подсчетам ученых, ежегодно падает по крайней мере тысяча метеоритов. Однако только ничтожная часть их, всего лишь 4-5 метеоритов в течение года, бывает найдена после падения. Большинство метеоритов падает в моря и в океаны, в полярные страны и пустыни, в горные и лесистые районы, и вообще вдали от населенных мест. Разрушаясь под влиянием атмосферного воздействия,

они примешиваются к почве, из почвы попадают в растения и через растения, которые употребляются в пищу животными и человеком метеоритные частицы попадают в организм человека. И, таким образом, мы видим самую тесную связь нашей Земли, с окружающей ее вселенной. Ученые пытались подсчитать ежегодный прирост массы Земли за счет падения метеоритов, который за год достигает миллионы тонн.

Академик Вернадский В.И. считал, что никакого прироста массы Земли не происходит. Получая вещество в виде метеоритов и метеорной пыли, Земля отдает в солнечную систему другие материальные частицы, атомы, газы и тончайшую пыль. В результате существует подвижное материальное равновесие. Таким образом, академик Вернадский В.И. пришел к выводу, что мы имеем дело «не со случайным падением отдельных метеоритов, болидов, космической пыли на Землю, а это - планетарный процесс, представляющий материальный обмен нашей планеты с космическим пространством» [1]. К настоящему времени, гипотетически, большинство советских ученых считают, что метеориты представляют собой обломки одного или нескольких крупных небесных тел – планет, распавшихся в далеком прошлом. Их возраст составляет от 600 до 4 с лишним млрд лет (по аргону и калию).

Нами было проведено исследование внешнего вида, внутренней структуры и химического состава осколка метеорита «Челябинск».

Исследование внешнего вида и внутренней структуры осколка метеорита по электронному микроскопу показало схожесть с результатами исследований челябинских ученых, подтверждающее, что данный осколок является настоящим фрагментом метеорита «Челябинск».

Рис.1. Внешний вид фрагмента метеорита «Челябинск», найденного в окрестности п. Тимирязевский. А- внешний вид; В – стил фрагмента;

Рис.2. Внешний вид осколка метеорита под электронным микроскопом

Рис.3. Изображение среза фрагмента метеорита, сделанного с помощью электронного сканирующего микроскопа.

Минеральный состав челябинского метеорита был исследован в Уральском научном центре и представлен в таблице 1[2]. В основном, он представлен оливином и ортопироксеном, в меньших количествах обнаружены сульфиды железа (троилит) и никеля (хизлевурит) и самородные металлы группы железа и никеля (камасит, тенит), выявлены – хромит, плагиоклаз, а также стекло полевошпатового состава.

Таблица 1

Минеральный состав метеорита «Челябинский» [2]

№	Минерал	Формула	Примечание
1	Оливин	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	Основ
2	Ортопироксен	$(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	Основ
3	Троилит	FeS	Примеси
4	Хизлевудит	$(\text{Ni,Fe})_3\text{S}_2$	Примеси
5	Камасит	альфа-(Fe,Ni)	Примеси
6	Тенит	гамма-(Fe,Ni)	Примеси
7	Хромит	$(\text{Fe,Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$	Примеси
8	Диопсид	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	Примеси
9	Плагиоклаз	$(\text{Ca,Na})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Примеси
10	Ильменит	FeTiO_3	Примеси
11	Хлорапатит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	Примеси
12	Мерриллит	$\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$	Примеси
13	Стекло полевошпатового состава		Примеси

Нами был исследован элементный состав Челябинского метеорита на многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре с анализатором «МАЭС». Принцип действия комплекса «МАЭС» основан на измерении интенсивности линий в спектре эмиссионного излучения атомов анализируемых элементов, генерируемого источником возбуждения спектров. Содержание элементов в образце определяется по градуировочным зависимостям между интенсивностью атомно-эмиссионного излучения и содержанием элементов в образцах.

Как известно, метеориты по элементному составу классифицируются на железные, железо-каменные и каменные (таблица 2) [3].

Проведенный элементный анализ Челябинского метеорита позволил нам, используя таблицу 2, провести классификацию исследованного метеорита. По содержанию железа(17,10%), кремния (13,10%), магния (10,0%), никеля (1,60%), алюминия(1,10%) Челябинский метеорит может быть отнесен к каменным метеоритам. Обращает на себя внимание более высокое содержание кальция (3,60 вместо 1,80%) и низкое содержание серы (0,10 вместо 1,82%). На поверхности метеорита, кроме этого, обнаружены марганец(0,27%), хром(0,18%) и следы титана (0,07%). Последний вообще не обнаружен в изученных метеоритах. Уникальным свойством Челябинского метеорита является высокое содержание в нем серебра, достигающего значения 1,50% на его

поверхности, а во включениях-15,40%, в то время, как в других метеоритах серебро вообще не обнаружено (таблица 3).

В действительности, изучение многими учеными химического состава самых разнообразных метеоритов на протяжении более сотни лет показало, что в метеоритах нет ни одного неизвестного на Земле химического элемента. В них находятся практически все известные на Земле химические элементы, хотя большинство из них составляет ничтожно малую долю, уловимую только при очень тонких спектральных анализах.

Таким образом, изучение химического состава метеоритов подтверждает материальное единство вселенной, и именно то, что метеориты, и наша Земля, и вообще все небесные тела солнечной системы состоят из одних и тех же химических элементов. Это говорит об их общем происхождении, об их генетической связи.

Таблица 2

Элементный состав метеоритов разных классов [3]

№	Элементы	Классы метеоритов		
		Железные, % вес	Железо-каменные, % вес	Каменные, % вес
1	Железо (Fe)	90,85	55,33	15,52
2	Никель (Ni)	8,50	5,43	1,10
3	Кобальт (Co)	0,60	0,30	0,08
4	Медь (Cu)	0,02	-	0,01
5	Фосфор (P)	0,17	-	0,11
6	Сера (S)	0,04	-	1,83
7	Углерод (C)	0,03	-	0,17
8	Кислород (O)	-	18,55	41,01
9	Магний (Mg)	0,03	12,33	14,30
10	Кальций (Ca)	0,02	-	1,80
11	Кремний (Si)	0,01	8,06	21,00
12	Натрий (Na)	-	-	0,80
13	Калий (K)	-	-	0,07
14	Алюминий (Al)	-	-	1,56
15	Марганец (Mn)	0,05	-	0,16
16	Хром (Cr)	0,01	-	0,40

Таблица 3

Элементный состав Челябинского метеорита

№	Элементы	Содержание, % вес	
		На поверхности метеорита	Во внутренней структуре
1	Кремний	22,3	13,1
2	Железо	13,8	17,1
3	Магний	12,8	10,0
4	Кальций	2,1	3,8
5	Алюминий	1,9	1,1
6	Серебро	1,5	15,4
7	Натрий	1,1	
8	Марганец	0,27	
9	Никель	0,25	1,6
10	Свинец	-	4,2
11	Хром	0,18	
12	Калий		
13	Сера		0,1
14	Титан		

1. В.И.Вернадский. Труды по всеобщей истории науки.-М.: Наука, 1988. 336С.
2. Минеральный состав метеорита «Челябинский». Sanktpeterburg/ bezformata.ru/listnews/meteorit-vedut-onlinjn. <http://93.88.180.250>
3. Классификация метеоритов. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.