

Железистость оливинов и пироксенов в метеоритах различных петрографических типов

*Логинов В.Н. *, Сергеева В.В. ***

**Уральский государственный технический университет (УГТУ-УПИ)*

*** Уральская геолого-съёмочная экспедиция (ОАО УГСЭ)*

Железистость оливина и пироксена используются для определения петрологического типа метеоритов. Более целесообразно было бы говорить о магнезиальности пироксенов и оливинов, так как магний входит в состав силикатов только в двухвалентной форме, тогда как железо встречается в метеоритах в элементарном закисном и окисном состоянии. Говоря другими словами, магний в метеоритах консервативен, а железо в процессе метаморфизма или гипергенеза может переходить в элементарное или окисное состояние. Тем не менее, в силу сложившихся традиций, в настоящей заметке для удобства сравнения мы будем говорить о железистости оливина и пироксена.

Для подразделения обыкновенных хондритов на группы разными авторами приняты различные пределы железистости оливина и пироксена. В оливинах из 29 обычных хондритов из Нью-Мехико железистость колеблется: для группы высокожелезистых хондритов (группа Н)

- от 18 до 20%, для низкожелезистых (группа L) - от 23 до 25%, для группы низкожелезистых (группа LL) - от 28 до 31%.

Железистость низкокальциевых пироксенов из этих же хондритов Нью-Мехико колеблется: для группы Н - от 16 до 17%, для группы L - от 19 до 21%, для группы LL - от 23 до 25%. (Edvard, Scott и др., 1986г.)

По другим данным [Додд, 1966г.], содержание фоялитовой составляющей находится в пределах: для группы Н - от 16 до 20%, для группы L - от 21 до 25%, для группы LL - от 26 до 32%, содержание феррисилита в пироксенах находится в пределах: для группы Н - от 15 до 18%, для группы L - от 19 до 22%, для группы LL - от 22 до 25%.

Соботович Ф.В. и Семененко В.П. (1984) ограничивают железистость оливина для группы Н пределами 16-20%, для группы L - 22-26%, для группы LL - 27-31%.

Рентгеноспектральный микроанализ оливина из Уральских метеоритов, исследованных авторами, показывает значительные колебания железистости оливина в каждом метеорите: Мокроусово - от 18,7 до 19,8%, в Урале от 19 до 21,6%, в Озерном I от 24,7 до 27,8%, в Озерном Н - от 27 до 27,1%, в Свердловске - от 19,4 до 23% (табл. 1).

Таблица 1

Состав оливинов и пироксенов,
определенный рентгеноспектральным микроанализом и пересчитанный на миналы

Название метеорита	Номера проб	Оливин				Пироксен			
		Fa	Fo	Te	Co	Fs	En	Wo	Ka
	32-1	19,7	80,3	-	-	17,2	82,8	1,0	0,5
	32-2	19,8	80,2	-	-	16,4	82,1	1,5	-
	32-3	19,0	81,0	-	-	16,5	82,5	1,0	-
	32-4	18,7	81,3	-	-	17,0	82,0	1,0	-
	32-5	19,4	80,6	-	-	17,7	80,8	1,5	-
	32-6	19,8	80,2	-	-	17,9	82,1	1,0	-
Урал	33-1	20,4	79,6	-	-	17,5	81,0	1,5	-
	33-2	20,0	80,0	-	-	17,3	81,7	1,0	-
	33-3	21,6	78,4	-	-	18,1	80,9	1,0	-
	33-4	20,1	79,9	-	-	17,6	81,4	1,0	-
	33-5a	19,0	81,0	-	-	-	-	-	-
Озерное I	34-1-1	27,0	73,0	-	-	22,5	75,5	2,0	-
	34-1-2	27,8	72,2	-	-	24,7	73,3	2,0	-
	34-1-3	27,8	72,2	-	-	21,6	76,9	1,0	0,5
	34-1-4	24,7	74,7	-	-	24,2	73,3	2,0	0,5
	34-1-5	24,9	76,6	-	-	-	-	-	-
Озерное II	43-2-1	27,0	73,0	-	-	23,5	73,5	1,0	-
	34-2-2	27,1	72,9	-	-	22,3	75,7	2,0	-
	34-2-3	27,1	72,9	-	-	22,2	75,8	2,0	-
	34-2-4	27,1	72,9	-	-	22,1	75,9	2,0	-
Свердловск	36-1	20,6	79,4	-	-	17,9	81,1	-	-
	36-2	20,0	80,0	-	-	17,9	80,6	-	-
	36-2a	21,9	76,9	-	1,0	18,1	80,9	-	-
	36-3	23,0	76,5	0,5	1,0	19,6	78,9	-	0,5
	36-4	20,5	78,0	0,5	1,0	-	-	-	-
	36-6	19,4	80,1	0,5	-	-	-	-	-

В составе оливина миналы: Fa - фаялит, Fo - форстерит, Te - тефроит, Co - кальци-оливин.

В составе пироксена миналы: Fs - ферросилит, En - энстатит, Wo - волластонит, Ka - каоцит.

Рентгеноспектральное микрозондирование пироксенов из уральских метеоритов дает колебание железистости: в Мокроусово - от 16,4 до 17,7%, в Урале - от 17,3 до 18,1%, в Озерное I - от 21,6 до 24,2%, в Озерное II - от 22,1 до 23,5%, в Свердловск - от 17,9 до 19,6% (табл. 1)

Совместное рассмотрение железистости оливина и пироксена в уральских метеоритах позволяет их отнести к следующим петрологическим группам: Мокроусово, Свердловск, Урал к группе H, Озерное I и Озерное II к группе LL. Из сопоставления железистости оливина и пироксена в метеоритах Озерное I и II можно заключить, что они близки между собой и возможно являются индивидуальными экземплярами одного метеорита, или, по крайней мере, одного метеоритного дождя.

Кристаллооптическое определение железистости оливина составляет: в метеорите Урал - 18,2%, Мокроусово - 18,8%, в метеорите Свердловск - 20,0%, в Озерное I - 23,2%, Озерное II - 24,3%.

Таблица 2

**Железистость оливина и пироксена и их количественные соотношения
по рентгеноструктурным и оптическим данным**

№ п./п.	Название метеоритов	Оливин				Пироксен			
		(130)	Содержание		Кол-во	(420)	Содержание		Кол-во
		А°	Рентг.	Опт.		А°	Рентг.	Опт.	
1.	<u>Палласиты</u> Брагин	2.780	20.0	11.3	100.0	-	-	-	-
2.	<u>Мезосидериты</u> Vaca Muerte	-	-	-	-	3.14	10.0	18.0	100.0
	<u>Хондриты Н</u>								
3.	Оханск	2.783	25.0	17.1	43.4	3.184	34.0	-	56.6
4.	Каргапольс	2.783	25.0	19.2	32.2	3.180	30.0	20.0	67.8
5.	Мокроусово	2.782	24.0	18.8	44.4	3.182	32.0	18.0	55.6
6.	Жовти Хутор	2.782	32.0	23.2	54.8	3.198	49.0	11.0	45.2
7.	Чув.Киссы	2.782	24.0	17.3	12.0	3.180	30.0	21.0	88.0
8.	Pultusc	2.786	29.5	18.6	44.2	3.189	39.0	-	55.8
9.	Урал	2.787	31.0	16-23	52.0	3.184	34.0	18.5	48.0
10.	Свердловск	2.786	29.5	19.0	44.3	3.186	36.0	20.5	55.7
11.	Красный Ключ	2.770	18.0	21.0	52.3	3.169	28.0	20.0	47.7
	<u>Хондриты L</u>								
12.	Саратов	2.787	31.0	22.1	29.2	3.189 3	39.0	24.5	70.8
13.	Царев	2.783	25.0	-	61.7	186	36.0	-	38.3
14.	Ergheo	2.785	28.5	20.6	50.6	3.183	33.0	-	49.4
15.	Озерное I	2.787	31.0	23.2	48.8	3.188	38.0	24-27	51.2
16.	Озерное II	2.788	32.0	24.8	60.9	3.190	40.0	20-19	39.1
17.	Кунашак	2.782	24.0	19.2	47.8	3.189	30.0	-	52.2
18.	Мосс	2.787	31.0	23.2	67.9	3.186	36.0	-	32.1
	<u>Хондриты LL</u>								
19.	Крымка	2.782	24.0	11.0	49.4	3.189	39.0	17.0	50.6
20.	Княгиня	2.789	33.5	23.8	44.8	3.195	45.0	-	55.2
	<u>Углистые хондриты</u>								
21.	Каинсаз	2.780	20.0	19.2	46.7	3.180	30.0	-	53.1
	<u>Ахондриты</u>								
22.	Stannern	-	-	-	-	3.220	70.0	-	100.0

Определение железистости пироксена составляет: в Мокроусово -18%, Урал - 18,5%, Свердловск - 20,5%, Озерное I - 24 -27%, Озерное II - 19 - 20%.

В целом, занижение железистости оливинов и пироксенов определенное кристаллооптическим методом, по сравнению с рентгеноспектральным микроанализом, по-видимому, объясняется физической сущностью рассматриваемых методов определения. Рентгеноспектральный микроанализ производится в точках, приуроченных к внутренним частям зерен. Кристаллооптические определения основаны на эффекте полосы Бекке, наблюдаемом в краевых частях зерен. Различие железистости краевых и центральных частей зерен оливина и пироксена обуславливает разницу в определении рассматриваемыми методами.

По-видимому, центральные части зерен оливина и пироксена имеют более высокую железистость, чем краевые. Отдельные отклонения от этой закономерности могут быть объяснены свежими сколами зерен, пересекающими центральные части зерен.

В целом можно констатировать следующие общие закономерности железистости оливинов и пироксенов в обыкновенных хондритах:

1. Железистость оливина выше железистости пироксена с сохранением пропорциональности между их железистостью внутри каждой петрографической группы.

2. По железистости оливина хондрит Мокроусово относится к типу H, Свердловск и Урал несколько выходят за пределы этого типа, одиночными определениями заходя в тип L, Озерное I и Озерное II - могут быть отнесены к типу LL.

3. По железистости пироксена Мокроусово относится к типу H, Свердловск и Урал несколько выходят за пределы этого типа, Озерное I и II относятся к типу LL.

4. По суммарному рассмотрению железистости оливина и пироксена Мокроусово, Урал, и Свердловск могут быть отнесены к типу H, Озерное I и Озерное II к типу LL.

Ранее сделанные предварительные определения петрологической группы уральских метеоритов требует внесения отмеченных корректив.

Различие в железистости оливинов и пироксенов в хондритах для правильного определения петрологической группы и петрологического типа требует определения количественного соотношения этих преобладающих минералов метеоритов. Кристаллооптическое определение соотношения этих минералов затруднительно, так как они встречаются и в виде хондр и в виде дисперсного межхондрового материала. Нами сделана попытка определить количественное соотношение оливина и пироксена по дифрактометрическим данным.

Дифрактометрическая съемка метеоритного вещества проведена на дифрактометре ДРОН - 3 в фильтрованном медном излучении в области углов 20° от 27° до 33° при скорости съемки 0,25 град/мин. Расчет межплоскостных расстояний сделан для плоских сеток оливина (130) и пироксена (420) с точностью $+0,001 \text{ \AA}$. При съемке палласита Брагин существенно оливинового состава межплоскостное расстояние $2,780 \text{ \AA}$, соответствующее отражению (130), дало интенсивное отражение высотой 149 мм. При съемке существенно пироксенового эвкрита Stannern межплоскостное расстояние $3,22 \text{ \AA}$, соответствующее отражению (420), дало интенсивное отражение, высотой 164 мм. Отражение пироксена в палласките, также как оливина в эвкрите - не отмечено. Поэтому, уровняя соотношения интенсивности оливина и пироксена умножением интенсивности оливина на 1,1% и приняв их абсолютные значения за 100%, мы можем определить количественные соотношения оливина и пироксена в других пробах, снятых в этих же условиях.

В таблице 3 приведено сопоставление данных химического анализа метеорита Царев с данными, полученными дифрактометрическим способом. Химические анализы были заимствованы из работы Барсуковой Л. Д., Харитоновой В. Я., Банных Л. Н. (1982).

Сопоставление данных химического анализа метеорита Царев с данными дифрактометрического анализа

Минералы	данные химических анализов		данные дифрактометрии	
	масс. %	железистость	масс. %	железистость
Оливин	43,7	28,9	38,3	36,0
Пироксен	56,3	30,9	61,7	25,0

Расчеты количественного содержания минералов, железистости оливина и пироксена, выполненные по результатам химического анализа метеорита Царев, показывают, что разница в определении относительного содержания оливина +5,4%, пироксена - 5,3%. Такая точность определения соизмерима с точностью определения количественного минерального состава на столике Андина или по методике С. А. Салтыкова (1970).

Железистость по химическим и дифрактометрическим определениям значительно отличаются: оливина - 5,9%, пироксена 7,1% в расчете на ферросилитовую и фаялитовую составляющие.

Итак, сравнение количественного содержания оливинов и пироксенов в метеоритах, выполненное по пересчетам химических анализов и рентгеноструктурных данных дает разницу в определении порядка 5%.

Такая точность позволяет не только выделить метеориты существенно оливинового, оливин-пироксенового и пироксенового состава, но и определить примерное содержание этих минералов.

Литература

1. Додд Р.Т. Метеориты. Перевод с англ., Мир, 1986
2. Собатович Э.Ф., Семенов В.П. Вещество метеоритов. Изд-во Наукова Думка, Киев, 1984
3. Дир У.А., Хаум Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. Том 1. Изд-во Мир, М., 1968
4. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. М., Metallurgia, 1976
5. Барсукова Л.Д., Харитонова В.Н., Банных Л.Н. Химический состав метеорита Царев // Метеоритика, М., 1982, вып.41, с.41-43
6. Логинов В.Н. Методика пересчета и изображение на диаграммах химических составов метеоритов и горных пород. М., Наука, сб. Метеоритика, вып.46, 1987, с. 101-103
7. Логинов В.Н. Новые уральские метеориты // Тезисы докладов VIII научно - технической конференции УПИ, Свердловск, 1988
8. Логинов В.Н., Юдин И.А. Новое в метеоритике Урала // Информационные материалы института геологии и геохимии Ур О АН СССР, Свердловск, 1989, с.48-50