

рассеяния нельзя считать полностью обследованным. Метеориты на Чинге остались в немалом количестве.

Статья поступила в Комитет по метеоритам АН СССР в июне 1988 г.

Л и т е р а т у р а

- В р о н с к и й Б.И., З о т к и н И.Т. Итоги работ экспедиции 1963 г. по изучению места находки метеорита Чинге//Метеоритика. 1968. Вып. 28. С. 125-130.
- З о т к и н И.Т., Ц в е т к о в В.И. Площадь рассеяния и форма образцов метеорита Чинге//Тез. докл. XVIII Всесоюз. метеорит. конф. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1981. С. 59-60.
- З о т к и н И.Т., Ц в е т к о в В.И. О форме железных метеороидов//Астрон. вестн. 1983. Т. 17, № 1. С. 60-62.
- З о т к и н И.Т., Ц в е т к о в В.И. Сравнительные характеристики падений крупных метеоритов: Сихотэ-Алинь, Чинге, Царев//Тез. докл. XIX Всесоюз. конф. по метеоритике и космохимии. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1984. С. 42-44.
- И в а н о в Б.А. О форме обломков скальных пород, образующихся при ударе и взрыве. Тез. 8-й Сов.-Амер. рабочей встречи по планетологии. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1988. С. 50-51.
- К е н и н - Л о п с а н М.Б. Обрядовая практика и фольклор тувинского шаманства. Новосибирск: Наука, 1984 с.
- К е с т л а н е Д.В. Геологическая история метеорита Чинге//Тез. докл. XVIII Всесоюз. метеорит. конф. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1981. С. 60.
- К р и н о в Е.Л. Условия падения железного метеорита Чинге//Метеоритика. 1984. Вып. 43. С. 9-15.
- Л у к и н а Н.В. О возможном возрасте метеорита Чинге//Тез. докл. XIX Всесоюз. конф. по метеоритике и космохимии. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1984. С. 47-48.
- С е м е н е н к о В.П., С а м о й л о в и ч Л.Г., Е г о р о в а Л.Н. и др. Состав и строение фаз никелистого железа в атаксите Чинге//Метеоритика. 1982. Вып. 41. С. 93-95.
- Ц в е т к о в В.И. Чинге: новые находки метеоритов и возможный кратер//Там же. 1980. Вып. 39. С. 95-101.

УДК 523.681

А.В. Иванов, Н.И. Заславская, Л.Д. Барсукова, Н.Н. Кононкова

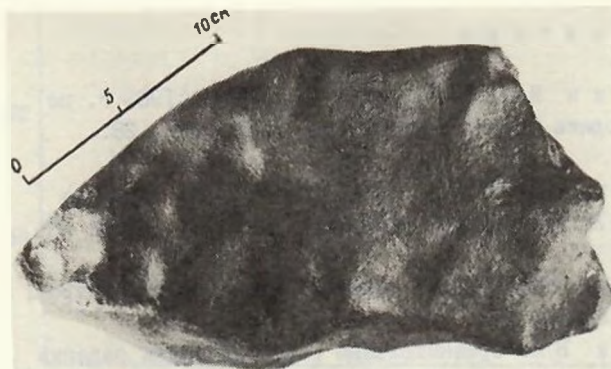
Институт геохимии и аналитической химии
им. В.И. Вернадского АН СССР

КАМЕННЫЙ МЕТЕОРИТ ИВАНОВКА

Метеорит Ивановка был найден в августе 1983 г. на поле неподалеку от деревни Ивановка Лениногорского района Татарской АССР (54,5°N; 56,6°E) [Хоти-

нок, 1986]. Образец (№ 15528) представляет собой индивидуальный экземпляр массой 8,87 кг, размером 28х13х12 см.

Форма образца полигональная, удлиненная, с достаточно хорошо выраженными пятью гранями (рис. 1). На трех поверхностях из пяти наблюдаются регмаглипты



Р и с. 1. Общий вид метеорита Ивановка
Видны регмаглипты двух генераций

двух генераций: относительно более крупные, поперечником около 5 см, и более мелкие, поперечником 1–1,5 см. При этом на одной из поверхностей крупные регмаглипты осложнены мелкими, тогда как на двух других отмечаются регмаглипты только одной из генераций. Такой характер поверхности образца дает основания предполагать дробление тела при прохождении через атмосферу и соответственно существование других экземпляров. Образец

почти целиком покрыт тонкой корой буро-коричневого цвета, т.е. окислен по поверхности.

Метеорит распилен на две неравные части, и от одной из них была отпилена пластина, послужившая объектом изучения.

Петрографо-минералогические исследования метеорита проводились в прозрачных, прозрачно-полированных шлифах и в аншлифах традиционными оптическими методами. Химический состав минералов определялся на микроанализаторе Camebax-microbeam (Cameca) при токе на образце 30 нА и ускоряющем напряжении 15 кВ.

Для полного химического анализа была использована пластина массой 7,9 г. Основной анализ проводился по ранее принятой схеме [Дьяконова и др., 1979]. Отдельно анализировались магнитная и немагнитная, растворимая и нерастворимая фракции. Щелочи, вода и углерод определялись из отдельных навесок.

Структура и минеральный состав

Как показывает просмотр поверхности распилов, вещество метеорита плотное, однако на бликоповерхностных участках отмечаются отдельные тонкие трещины протяженностью до 20 мм. На распилах хорошо проявляется хондритовая структура метеорита. Рудные фазы (металл и троилит) в общем равномерно распределены по поверхности распилов, но в ряде случаев наблюдаются тонкие прожилки рудной фазы протяженностью до 15 мм, а в одном случае обнаружено включение троилита размером 8х12 мм, имеющее в разрезе почти шестигранную форму (рис. 2). На поверхности распилов наблюдается специфическая темно-светлая структура вещества, когда светлые участки как бы погружены или окаймляются более темным веществом.

Минеральный состав метеорита Ивановка типичен для обыкновенных хондритов. Главными минералами являются оливин, ромбический пироксен, никелистое желе-

зо и троилит, второстепенными и акцессорными – моноклинный пироксен, плагиоклаз, хромит и самородная медь. Отмечены вторичные окислы железа. По данным модального анализа шлифов (около 8 см²), силикатные фазы составляют 76,7, никелистое железо 18,4, троилит 4,5, хромит 0,4 мас. %.

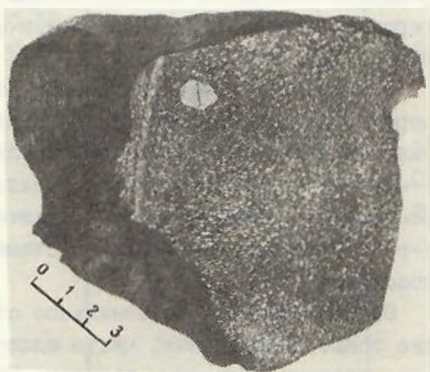
Структура метеорита определяется присутствием хондр и их обломков, зерен силикатных минералов и неправильных выделений металлического железа и троилита. Хондры в большинстве случаев достаточно четко выражены. По структуре выделяются хондры микропорфировые, зернистые, колосниковые (фототабл. 1а, б), радиально-лучистые и в редких случаях девитрифицированные, причем две последние разновидности имеют наиболее четкие, хорошо выраженные границы. Преобладающие размеры хондр 0,2–0,8 мм, однако присутствуют и существенно более крупные хондры – до 2,5 мм в диаметре. При этом крупные хондры имеют колосниковую структуру.

Преобладающими минералами хондр являются оливин и ромбический пироксен. Плагиоклаз редок и встречается в колосниковых хондрах в интерстициях между балками оливина. В двух хондрах существенно пироксенового состава с зернистой структурой обнаружены зерна клинопироксена с характерным полисинтетическим двойникованием. Размер наиболее крупного зерна, содержащего пойкилитовые вставки оливина, – 0,12х0,4 мм. Содержание рудных фаз никелистого железа, троилита и хромита в хондрах в общем незначительно. Железо и троилит обычно приурочены к оболочкам хондр.

В одном из шлифов было встречено крупное гранобластовое разрастание оливина (фототабл. 1, в). Видимые размеры этого образования, которое не попалс в шлиф целиком, – более 1,5 мм. Промежутки между крупными балками оливина заполнены тонкораскристаллизованным мегастазисом существенно плагиоклазового состава с множеством в основном очень мелких зерен хромита. Судя по структуре и составу, это образование может представлять собой перекристаллизованную балочную хондру очень крупных размеров.

В матрице размер минеральных зерен колеблется в достаточно широких пределах. Наиболее распространены зерна оливина и пироксена, обычно идиоморфные, максимальный размер их 0,6 мм. Реже встречаются плагиоклаз, представленный в отличие от хондр маскелинитом и имеющий ксеноморфные очертания. Размер маскелинитовых зерен не превышает 170 мкм. Следует отметить, что на некоторых участках отдельные минеральные зерна матрицы окаймлены тонкими (1–2 мкм) прожилками вторичных окислов железа.

Подобно другим рудным фазам, хромит в основном находится в матрице. Он присутствует как в виде отдельных зерен размером до 100 мкм, обычно идиоморфных по отношению к никелистому железу и троилиту и ксеноморфных по отношению к силикатам (фототабл. 1, г), так и в виде агрегатов мелких зерен хромита и силикатов. Размер таких агрегатов 150–250 мкм (фототабл. 2, а).



Р и с. 2. Распил метеорита Ивановка

Отчетливо видно равномерное распределение рудных фаз. В верхней части распила – включение троилита

Никелистое железо в метеорите Ивановка приурочено в основном к матрице и представлено камаситом, тэнитом и плесситом. Камасит преобладает и встречается как в виде отдельных зерен размером примерно до 0,7 мм, так и в сростании с тэнитом и троилитом (фототабл. 2, б-г). Форма мелких зерен обычно изометричная, крупных – неправильная, амёбовидная. Для камасита достаточно характерно присутствие выявляющихся при травлении (5% нитал, 2 с) неймановых линий, местами изогнутых, причем нередко в одном зерне наблюдается несколько (до 4) систем линий. Обычно зерна камасита монокристалличны. Однако было выявлено несколько частиц, имеющих зернистое строение, с различными по ориентировке, количеству и морфологии системами неймановых линий для каждого из зерен (фототабл. 2, б).

В камасите нередко включения силикатов самой разнообразной формы, от идиоморфных до округлых, и овальные включения троилита. Внутри таких силикатных включений иногда присутствуют мелкие зерна хромита.

Тэнит встречается в виде отдельных мелких, размером 10–15 мкм, зерен либо образует отмеченные выше сростания с камаситом и троилитом (фототабл. 2, б-г). В камасит-тэнитовых сростаниях последний занимает обычно доминирующее положение.

Обычно тэнит имеет зональное строение, причем при травлении проявляются две зоны: центральная, часто сложенная мартенситовидным плесситом, и краевая, сложенная светлым тэнитом. Зона облачного тэнита в частицах не обнаружена. Иногда округлые зерна зонального тэнита размером до 40 мкм встречаются внутри крупных камаситовых зерен.

В метеорите найдено также зерно микрогранулированного (сетчатого) плессита размером 60х80 мкм. Максимальные размеры слагающих зерно фаз составляют: тэнита – 8 мкм, камасита – 13 мкм.

Обычный размер зерен троилита 0,6 мм и менее. Однако встречаются и более крупные образования троилита: помимо отмеченного выше включения поперечником около 1 см, в шлифе обнаружен участок "троилитовой губки" – взаимопрорастания троилита и силикатов размером 0,5х1,7 мм (фототабл. 2, д). Характерной особенностью многих индивидуальных зерен троилита является ударное двойникование и грануляция.

В троилит-тэнитовых зернах в ряде случаев наблюдаются мирмекитовидные выделения троилита. К таким структурам преимущественно приурочена металлическая медь, встречающаяся обычно в форме удлинённых зерен длиной до 30 мкм при ширине порядка 2–3 мкм.

Для троилита, и особенно для "троилитовой губки", характерно присутствие сильно варьирующихся по размерам включений силикатов и хромита.

Для метеорита достаточно обычно наличие ударных прожилков толщиной до 120 мкм и видимой протяженностью более 3 мм (фототабл. 2, е). В зернах камасита, находящихся по границам с прожилками, отмечается микрогрануляция. Ширина зоны микрогрануляции в ряде случаев превышает 0,1 мм. В зоне прожилков, как правило, наблюдается текучесть троилита.

В шлифах иногда встречаются проплавленные участки стекла с реликтами зерен оливина. Максимальный размер таких участков 0,9 мм.

Химия минералов

О л и в и н. Состав зерен оливина хондр, матрицы и крупного гранобластового разрастания практически одинаков: значения Fe в целом колеблются в пределах 18,2–19,9 (табл. 1, рис. 3, а).

Т а б л и ц а 1

Химический состав (мас.%) силикатных минералов метеорита Ивановка

Окисел	Оливин (33)		Пироксен (26)		Са-Пироксен (1)	Плагиоклаз (5)	
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		$\bar{X}$	s
SiO ₂	39,93	0,70	56,01	1,13	53,26	63,98	1,32
TiO ₂	He опр.		0,20	0,08	0,46	He опр.	
Al ₂ O ₃	"		0,20	0,12	0,71	21,56	1,31
Cr ₂ O ₃	0,06		0,23	0,12	0,78	He опр.	
FeO	17,63	0,51	11,34	0,36	4,61	1,60	1,66
MnO	0,45	0,04	0,46	0,04	0,23	He опр.	
MgO	42,50	0,74	30,58	0,67	16,39	He опр.	
CaO	0,04		0,91	0,10	21,60	2,71	0,32
Na ₂ O	He опр.		He опр.		He опр.	9,02	1,02
K ₂ O	"		"		"	1,05	0,22
Сумма	100,61		99,93		93,04	99,92	
	Fe 81,1		En 81,3		47,5	Ab 81,2	
	Fa 18,9		Fs 16,9		7,5	An 12,5	
			Wo 1,7		45,0	Or 6,2	

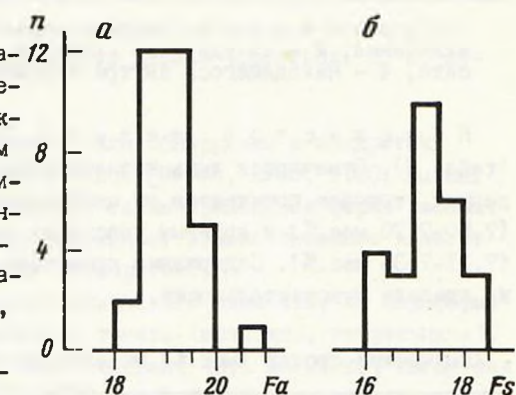
П р и м е ч а н и е. $\bar{X}$ - средний состав; s - стандартное отклонение; в скобках указано число проанализированных зерен.

П и р о к с е н ы. В метеорите Ивановка пироксены представлены преимущественно ромбическими разностями и также характеризуются в общем постоянным составом (табл. 1, рис. 3, б): величина Fs составляет 16,2-18,2. Единственное проанализированное зерно клинопироксена, находящееся на периферии граубластового оливинового образования, имеет диопсидовый состав (табл. 1).

Можно отметить, что средние составы проанализированных в шлифах зерен оливина и пироксена хорошо совпадают с составами этих минералов, вычисленных на основании результатов химического анализа вещества метеорита (см. ниже), и по составу и степени variabilityности отвечают равновесным хондритам H-группы [Van Schmus, Wood, 1967; Hutchison et al., 1961].

П л а г и о к л а з. Проанализирован был только плагиоклаз хондр. По составу (An₁₂Or₆) он четко отвечает плагиоклазам H-хондритов [Van Schmus, Ribbe, 1968].

Х р о м и т. Состав хромита, находящегося в хондрах и матрице, очень близок (табл. 2). Из других проанализированных зерен можно отметить повышенное



Р и с. 3. Гистограммы составов железомagneзиальных силикатов

а - величина Fa оливинов, б - величина Fs ортопироксенов

содержание Al и Mg в хромите гранобластового включения оливина и относительное понижение содержания Al и повышение Fe в хромите, находящемся внутри зерна камасита (табл. 2, анализы I и 3). Наблюдающееся в ряде случаев аномально высокое содержание кремнезема связано либо с захватом соседних фаз при анализе очень мелких зерен (хондры), либо с присутствием внутри хромита включений силикатов (табл. 2, анализы 2 и 3). В целом хромит хондрита Ивановка отвечает известным данным по составу хромитов H-группы.

Т а б л и ц а 2

Химический состав (мас.%) хромита метеорита Ивановка

Окисел	Матрица (7)		Хондры (5)		I	2	3	4
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s				
FeO	28,67	0,48	29,51	0,86	26,29	28,76	30,31	26,04
MnO	0,84	0,11	0,79	0,13	0,69	0,92	0,89	0,63
MgO	3,51	0,25	3,50	0,36	5,50	4,51	3,38	5,45
Cr ₂ O ₃	55,61	0,86	53,86	1,55	56,31	53,96	52,91	56,17
Al ₂ O ₃	7,15	0,48	7,20	0,36	8,18	7,62	6,62	7,57
TiO ₂	2,54	0,38	2,35	0,36	2,23	2,07	2,82	2,79
SiO ₂	0,09		1,48	1,41	0,51	1,45	1,28	<0,02
V ₂ O ₅	0,68	0,06	0,58	0,10	0,45	0,66	Не опр.	Не опр.
ZnO	0,57	0,09	0,16	0,27	0,09	0,74	"	"
Сумма	99,66		99,43		100,25	100,69	98,21	98,65

П р и м е ч а н и е. Цифрами указаны хромиты: I - из гранобластового включения, 2 - из ударного прожилка, 3 - находящегося внутри зерна камасита, 4 - находящегося внутри троилитовой "губки".

Н и к е л и с т о е ж е л е з о. Состав камасита достаточно постоянен (табл. 3). Отмечаются лишь незначительные вариации в содержании Ni в крупных зернах, которое понижается от центральных частей камаситовых зерен (7,50-7,70 мас.%) к краевым участкам, граничащим с силикатом и тэнитом (7,31-7,36 мас.%). Содержание примесных элементов Cu, S, P, как правило, ниже предела чувствительности.

Т а б л и ц а 3

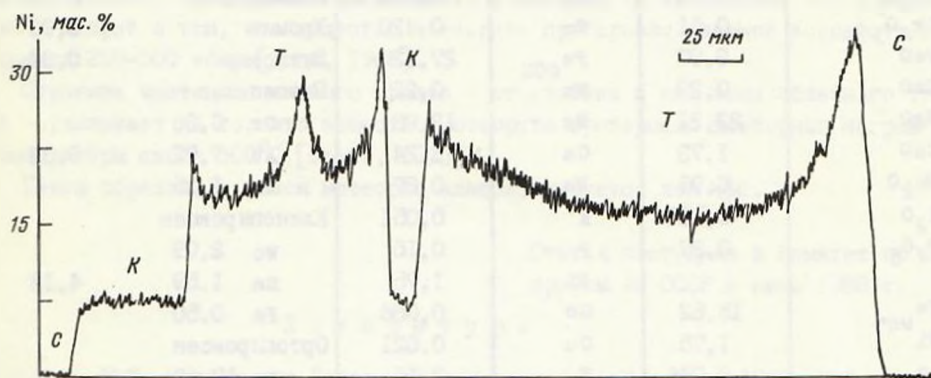
Химический состав (мас.%) никелистого железа и троилита метеорита Ивановка

Элемент	Камасит (I5)		Тэнит (плессит)				Троилит (I6)	
	$\bar{X}$	s	I	2	3	4	$\bar{X}$	s
Fe	92,54	1,01	83,05	77,29	67,54	48,66	61,71	0,55
Ni	7,44	0,19	16,22	24,09	33,83	50,02	0,07	
Co	0,55	0,06	0,34	0,21	0,11	0,12	0,04	
Cu	0,02		0,10	0,04	0,18	0,39	0,03	
S	0,04		0,02	0,06	0,05	0,03	37,93	0,52
Сумма	100,59		99,71	101,69	101,71	99,22	99,78	

П р и м е ч а н и е. Для тэнита (плессита) приведены характерные анализы: I - зона мартенситовидного плессита, 2 - светлый тэнит по границе с плесситом, 3 - светлый тэнит на внешней границе зерна, 4 - высоконикелистый тэнит.

Состав тэнитовых или, точнее, тэнит-плесситовых частиц весьма изменчив и контролируется в общем размером тэнитовых выделений. В тэнитовых частицах зонального строения содержание Ni в плесситовой зоне составляет обычно 15–20 мас.%, в зоне светлого тэнита его содержание возрастает к периферии, достигая на границе зерен 34, а в отдельных случаях 40 мас.% (табл. 3). Распределение Co имеет обратную картину. Следует отметить относительно высокое, хотя и неравномерное, содержание в тэнит-плесситовых частицах Cu – до 0,4 мас.%.

Особо следует остановиться на двух частицах, обнаруженных в метеорите Ивановка. Одна из них представляет собой троилит-камасит-тэнитовое срастание, тэнит которого имеет поликристаллическое строение, четко выделяющееся при травлении по чередованию светлых тэнитовых и темных плесситовых полей (фото-табл. 2, в), а также по характеру распределения никеля (рис. 4).



Р и с. 4. Содержание Ni в частице никелистого железа (фототабл. 2, в, линия А-А)

Частицы тэнита подобного строения ранее были обнаружены в хондритах N-группы от 3-го до 6-го петрологического типов [Bevan, Axon, 1980; Hutchison et al., 1981]. Обращает на себя внимание также правильная форма рассматриваемого поликристалла тэнита, которая напоминает взаимоотношение камасит-тэнит в октаэдритовой структуре железных метеоритов.

Другая частица, состоящая из поликристаллического камасита, по периферии содержит два мелких зерна высоконикелистого тэнита (возможно, тетратэнита). При этом более крупная частица (35x17 мкм) содержит 48,6 мас.% Ni, тогда как более мелкая (диаметром около 12 мкм) – 51,7 мас.% Ni. В этих зернах содержание меди также высокое (0,26 и 0,35 мас.% соответственно).

Состав троилита практически постоянен для всех размеров и морфологии зерен (см. табл. 3). Можно отметить некоторый дефицит железа (атомное отношение Fe/S в среднем равно 0,95), что достаточно обычно для обыкновенных хондритов. Содержание примесных Ni, Co, Cu, Cr и Mn, как правило, низкое, за исключением повышенного содержания Cr (до 0,33 мас.%) на контакте с зернами хромита и Ni (до 0,62 мас.%) на контакте с никелистым железом, что может быть связано с захватом соответствующих фаз при анализе, хотя нельзя исключить обогащение этими элементами троилита в процессе диффузии при нагреве.

Химический состав метеорита

В ходе химического анализа метеорита Ивановка установлено, что магнитная фракция составляет 20,55 мас.% пробы, немагнитная - 79,45, растворимая (в смеси концентрированных HCl и HNO₃ в отношении 3:1) - 48,59, нерастворимая - 51,41 мас.%. Результаты химического анализа и их пересчеты приведены в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Химический и нормативный составы (мас.%) метеорита Ивановка

Компонент	Содержание	Элемент	Содержание	Нормативный состав
SiO ₂	35,67	Si	16,670	Никелистое железо 17,48
TiO ₂	0,094	Ti	0,056	Троилит 5,92
Al ₂ O ₃	2,03	Al	1,070	Ильменит 0,18
Cr ₂ O ₃	0,61	Cr	0,420	Хромит 0,90
FeO	9,37	Fe _{общ}	27,13	Витлоцит 0,84
MnO	0,29	Mn	0,22	Плаггиоклаз
MgO	23,21	Mg	13,98	Or 0,36
CaO	1,73	Ca	1,24	Ab 7,72 9,33
Na ₂ O	0,91	Na	0,67	An 1,25
K ₂ O	0,061	K	0,051	Клинопироксен
P ₂ O ₅	0,37	P	0,16	Wo 2,09
Fe _{мет}	15,62	Ni	1,75	En 1,59 4,18
Ni	1,75	Co	0,086	Fs 0,50
Co	0,086	Cu	0,021	Ортопироксен
Cu	0,021	S	2,16	· Fn 17,60 23,10
Fe, Ni	(17,48)	C	0,13	Fs 5,50
S	2,16	Ba	0,002	Оливин
Fe по S	3,76	V	0,01	Fo 27,09 36,41
FeS	(5,92)	Sr	0,01	Fa 9,32
C	0,13			H ₂ O 1,52
H ₂ O ⁻	0,60			C 0,13
H ₂ O ⁺	0,92			
H ₂ O	(1,52)			
Сумма анализа	99,99			

П р и м е ч а н и е. Цифры в скобках в сумму анализа не входят.

Химический состав вещества метеорита Ивановка полностью соответствует составу обыкновенных хондритов Н-группы. На это указывают в частности, значения обычно применяемых классификационных параметров [Van Schmus, Wood, 1967; Явнель, 1980]: $Fe_{общ}/Si = 1,63$; $Fe_{мет}/Fe_{общ} = 0,58$; $Fe_{мет}/(Ni + Co) = 8,5$.

По результатам определения Fe и Mg в нерастворимой фракции рассчитано значение F_в смеси пироксенов, равноз 16,3. Отсюда значение F_а смеси оливинов при условии равновесности состава ферромагнезиальных силикатов равно 18,0 [Явнель, Барсукова, 1984].

Проведенное изучение метеорита Ивановка позволяет сформулировать следующие основные выводы:

Химический состав метеорита в целом, его минеральный состав и состав ферромагнезиальных силикатов свидетельствуют о принадлежности его к обыкновенным хондритам H-группы.

Особенности структуры метеорита и низкая вариабельность составов ферромагнезиальных силикатов указывает на 5-й петрологический тип вещества. В то же время следует отметить присутствие в метеорите нескольких хондр с низкокальциевым клинопироксеном, характерным для 4-го петрологического типа [Van Schmus, Wood, 1967].

Присутствие в метеорите многочисленных ударных прожилков и участков плавленого стекла, присутствие маскелинита в матрице (и отсутствие его в хондрах) говорит о том, что вещество метеорита претерпело ударное воздействие порядка 250-300 кбар [Додд, 1986].

Строение частиц зонального таенита - отсутствие в них зоны облачного таенита - указывает на то, что вещество метеорита претерпело повторный нагрев до температуры свыше 500°C [Scott, 1973].

Таким образом, в целом метеорит классифицируется как H5d.

Статья поступила в Комитет по метеоритам АН СССР в июне 1988 г.

Л и т е р а т у р а

- Додд Р.Т. Метеориты. Петрография и геохимия. М.: Мир, 1986. 383 с.
- Дьяконова И.И., Харитонов В.Я., Явнель А.А. Химический состав метеоритов. М.: Наука, 1979. 68 с.
- Хотиник Р.Л. Новые метеориты СССР: Мокроусово, Урал, Озерное, Муслимово, Ивановка, Бурхала//Метеоритика. 1986. Вып. 45. С. 108-109.
- Явнель А.А. О классификации каменных и железокремнистых метеоритов//Там же. 1980. Вып. 39. С. 19-27.
- Явнель А.А., Еарсукова Л.Д. О нормативном составе железомagneзиальных силикатов в равновесных обыкновенных хондритах//Там же. 1984. Вып. 43. С. 99-101.
- Bevan A.W.R., Axon H.J. Metallography and thermal history of the Tieschitz unequilibrated meteorite - metallic chondrules and the origin of polycrystalline taenite//Earth and Planet. Sci. Lett. 1980. Vol. 47, N 3. P. 353-360.
- Hutchison R., Bevan A.W., Easton A.J., Agrell S.O. Mineral chemistry and genetic relations among H-group chondrites//Proc. Roy. Soc. London. A. 1981. Vol. 374, N 1757. P. 159-178.
- Scott E. A nature of darketching rim in meteoritic taenite//Geochim. et cosmochim. acta. 1973. Vol. 37, N 10. P. 2283-2294.
- Van Schmus W.R., Wood J.A. A chemical-petrological classification for the chondritic meteorites//Ibid. 1967. Vol. 31, N 5. P. 747-766.
- Van Schmus W.R., Ribbe P.H. The composition and structural state of feldspar from chondritic meteorites//Ibid. 1968. Vol. 32, N 12. P. 1327-1342.