

Г.В. Барышникова, С.А. Стахеева, К.И. Игнатенко, З.А. Лаврентьева, А.К. Лаврухина
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского

ХОНДРЫ ХОНДРИТА КАИНСАЗ СО: СОСТАВЫ СИЛИКАТНЫХ МИНЕРАЛОВ, ИХ АССОЦИИ И СРАВНЕНИЕ С ХОНДРАМИ ДРУГИХ УГЛИСТЫХ И ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ

Введение

СО хондриты образуют метаморфическую последовательность [McSween, 1977], во многих отношениях сходную с таковой в обыкновенных хондритах 3-го типа [напр., Sears et al., 1982]. Так как даже слабый метаморфизм может модифицировать структуру и состав, важно изучить наименее метаморфизованные хондриты типа СОЗ. Кроме того, углистые хондриты несут важную информацию о процессах, которые имели место в протопланетном облаке. Поэтому, большое значение имеет изучение состава, распространенности и взаимоотношения минеральных фаз, особенно в хондрах. Хондрит Каинсаз, наряду с другими хондритами CO Colony и ALHA 77307 [Nagahara, Kushiro, 1982; Rubin et al., 1985], относится к наименее метаморфизованным членам группы СО. В продолжение наших работ [Барышникова и др., 1986; Лаврухина и др., 1987] по изучению минералов хондр разных структурных типов из обыкновенных и углистых хондритов с целью их сравнения и установления процессов формирования хондр были изучены минерало-петрографические особенности хондрита Каинсаз, структуры и минеральный состав хондр и химический состав силикатных минералов хондр разных минерало-структурных типов. Углистый (черный) хондрит Каинсаз упал 13 сентября 1937 г. близ колхоза Каинсаз, Татарской АССР [Селиванов, 1938]. Предварительные минералогические и химико-петрографические исследования были проведены ранее [Чирвинский, Ушакова, 1946; Baryshnikova et al., 1983; Барышникова и др., 1987]. Химический состав валовой пробы метеорита был определен Дьяконовой [1964].

Образцы и методы исследования

Три шлифа (№№ 41(I—K), 39(1093) и 15265 из коллекции АН СССР) были изучены микроскопически в проходящем свете. Описана общая структура хондрита; определены структура и минералогический состав всех хондр, найденных в шлифах. Всего изучено 536 хондр из трех шлифов общей площадью 132 мм². Каждая хондра в шлифе измерена при помощи окулярмикрометра МОВ—1—15^x, определены тип и пах диаметры, средний диаметр всех хондр и отдельно по структурным типам. Подсчитаны количества хондр по структурным типам. Результаты сведены в таблице (табл. 1). Модальный анализ хондр и матрицы был проведен микроскопически по площади хондр, приведенных к площади круга со средним измеренным диаметром.

Прозрачно-полированный шлиф № 15265 (K) был изучен в отраженном и проходящем свете. Определены типы хондр: предварительно 46 хондр расклассифицированы по структурным типам. Химические составы минералов хондр в этом шлифе определены на микроанализаторе "Camebaxmicrobeam" (фирма "Cameca") при ускоряющем напряжении 15 kV, токе зонда 20 nA и диаметре пучка 1,5 мкм. Количественный анализ проводился по линиям К-серии элементов. Полученные данные обрабатывались на ЭВМ РДР—11/23 с использованием стандартной методики ZAF-коррекции. Относительная ошибка массового содержания основных элементов не превышала 2,0%.

Результаты и обсуждение Петрография, классификация хондр

Под микроскопом в прозрачных шлифах видна резко выраженная хондритовая структура. Хондрит состоит из многочисленных круглых (капельных) и литических хондр [King, King, 1978; Барышникова, Лаврухина, 1982], их обломков, обломков или/и изолированных зерен оливинна, литических включений (амебовидных, тонко- и мелко-зернистых), заключенных в непрозрачной очень тонкозернистой черной матрице. Распределение разных составляющих по метеориту неравномерно и в целом составляет (об.%): хондры 45,2, включения 9,8, литические фрагменты 7,6, матрица 30,0, непрозрачные минералы (в матрице) 7,4 [McSween, 1977, модальный анализ по точкам].

Для углистых хондритов существует несколько схем классификаций хондр. Для хондр углистого хондрита Каинсаз более подходящей является схема классификации, предложенная нами для хондрита Allende CV [Лаврухина и др., 1987] и обыкновенных хондритов [Барышникова, Лаврухина, 1982]. Типы изученных хондр хондрита Каинсаз приведены в табл. 2, для сравнения взята схема классификации Максина [McSween, 1977]. Как и в обыкновенных хондритах, хондры хондрита Каинсаз относятся к двум главным категориям: капельным и литическим [King, King, 1978; Барышникова, Лаврухина, 1982], различающимся, главным образом, по форме хондр и разнообразию структурных типов.

Таблица 1

**Количества и средние размеры хондр разных минералого-структурных типов в хондрите Канисаз
(подсчет в прозрачных шлифах)**

Типы хондр	Количество хондр, шт., в 3-х шлифах	% от общего количества хондр	% от количества хондр в категории	Размеры хондр, мм	
				Интервалы	Среднее*
Капельные хондры					
Зернистые хондры					
Оливиновые	3	0,6	1,5	0,08—0,167	0,152
Оливин-пироксеновые (разновидность — микропикмантовые)	111	20,7	53	0,04—0,600	0,170
Микропорфировые хондры					
Оливиновые	4	0,7	Δ-2	0,05—0,190	0,132
Оливин-пироксеновые	52	9,7	25	0,045—0,705	0,167
Пироксеновые	1	0,2	0,5	—	0,122
Клоакоидные оливиновые	7	1,3	3	0,100—0,300	0,177
Радиально-лучистые пироксеновые	23	4,3	11	0,039—0,403	0-0,100
Криптокристаллические	8	1,5	4	0,06—0,167	0,134
Итого капельных хондр	209	39	100		
Литические хондры					
Зернистые оливиновые	15	2,8	4,6	0,04—0,330	0,150
Оливин-пироксеновые	267	49,8	81,6	0,04—0,610	0,140
Разновидность: Полнокристаллические	26	4,80	8,0	0,06—0,410	0,210
Микропорфировые оливин- пироксеновые	19	3,60	5,8	0,06—0,455	0,280
Итого литических хондр	327	61	100		

Примечание: * Средние размеры хондр — среднее арифметическое размеров всех хондр в типе

Таблица 2

Классификация изученных хондр хондрита Канисаз по структурным типам (в полированном шлифе)

Типы хондр	Типы хондр по McSween (1977)	Обозначения хондр	Номера изученных хондр
Капельные хондры			
Зернистые хондры			
Оливиновые	I	GO	K-1a, K-7, K-7a, K-7b, K-13, K-15, K-19, K-26
Оливин-пироксеновые	I	GOP	K-22a, K-29
Разновидность — оливин- пироксеновые микропикмантовые			
Микропорфировые хондры			
Оливиновые	II	PO	K-3, K-266
Оливин-пироксеновые	II	POP	K-4, K-4a, K-16, K-17, K-23, K-24a
Пироксеновые	?	PP	K-5, K-6, K-14
Клоакоидные оливиновые	II	BO	только в шлифах
Монокристаллические оливиновые	—	OI	K-11, K-25, K-26a
Радиально-лучистые пироксеновые	III	RP	K-20, K-23b
Криптокристаллические	III	C	K-1, K-12
Стеклянные	III	G	K-22
Сложные	—		K-28
Металлические, сульфидные, металл-сульфидные*		M	K-2, K-21, K-24, K-25b, K-30
Литические хондры			
Зернистые оливиновые и оливин-пироксеновые (разновидность — полнокристаллические)	—		K-2a, K-12b, K-19a, K-19"K", K-23a, K-25a, K-a,6
Микропорфировые оливин-пироксеновые	—		K-12a, K-18, K-18a, K-18b

Примечание: * Описаны в работе [Ливружина и др., 1989].

Большинство капельных хондр относятся к двум основным типам: 1. Зернистые оливиновые и оливин-пироксеновые хондры (GO и GOR), сложенные гипидиоморфными до ксеноморфными зернами или одного оливина, или оливина и клинопироксена и ортопироксена в разных пропорциях с промежуточным полевошпатовым стеклом. В некоторых хондрах этого типа наблюдаются многочисленные включения непрозрачных минералов — камасита и троилита (см. табл. 2). Этот тип составляет >50% от капельных хондр (табл. 1). 2. Микропорфировые оливиновые, оливин-пироксеновые и пироксеновые хондры (PO, POP и PP), содержащие идеоморфные до гипидиоморфных оливиновые и/или пироксеновые фенокристаллы в тонкозернистой или стеклянной основной массе. Они часто имеют зональное строение: в центре оливиновые кристаллы с промежуточным стеклом, а на периферии кристаллы ортопироксена с микропорфидовыми вросками более железистого оливина. Хондры этого типа менее распространены и составляют ~30 об.% капельных хондр. Кроме этих основных типов, встречаются хондры (в об.%, среднее по шлифам): колосниковые оливиновые (BO) 3, эксцентрически-радиально-лучистые пироксеновые (RP) 11, криптокристаллические (C) ~4 и единичные стеклянные, моносоматические оливиновые (O1) и сложные (табл. 1, 2). Более полно структуры хондр описаны в других работах [Барышникова, Лаврухина, 1982; Лаврухина, Барышникова, 1987]. Количественные соотношения хондр разных структурных типов в различных участках метеорита различны.

Среди литических хондр, в отличие от капельных, не наблюдается большого разнообразия структурных типов и нет сложных структур. Выделяется два основных типа хондр по структуре: зернистые оливиновые и оливин-пироксеновые (полнокристаллические) и микропорфировые оливин-пироксеновые. Первые составляют подавляющее большинство среди литических хондр (~80 об.%). Характерной особенностью литических хондр является наличие промежуточного плагиоклаза вместо стекла. Распределение капельных и литических хондр в разных участках метеорита (в разных шлифах) и их соотношения почти одинаковы и составляют в среднем по метеориту (в об.%): капельные 39, литические 61 (см. табл. 1, 2).

Градуометрический анализ, проведенный отдельно для литических и капельных хондр в шлифах (рис. 1, табл. 1), показал следующие результаты: средний размер $Mz=0,372$ мм (капельные), $0,275$ мм (литические), стандартное отклонение $\sigma_i=-0,733 \sigma$ (капельные), $-0,699 \sigma$ (литические). Распределение размеров всех хондр в хондрите Каинсаз отличаются следующими особенностями: 1) в среднем все хондры меньше по размеру по сравнению с хондрами обыкновенных хондритов (рис. 1 и 2) [Стахеев и др., 1973]; 2) капельные хондры в среднем более крупные, чем литические; 3) литические хондры более монодисперсные, чем капельные, а хондры в целом хондрита Каинсаз монодисперснее хондр обыкновенных хондритов (рис. 1, 2). Хондры разных структурных типов мало отличаются друг от друга по размерам, но, в среднем, наиболее крупными являются: среди капельных хондр — BO, среди литических — микропорфировые оливин-пироксеновые, а самыми мелкими являются RP, GO и GOR (табл. 1).

Минералогия хондр, химический состав минералов

В состав хондр входят следующие минералы: оливин, ромбический (орто) пироксен, низкокальциевый клинопироксен, высококальциевые моноклинные пироксены, плагиоклаз, стекла полевошпатового и кварцевого составов, никелистое железо, троилит, хромит, витлокит и фосфоросодержащие фазы.

Оливин является главным минералом в капельных POP, PO, GO, GOR, O1 и BO хондрах, в литических хондрах, отдельные второстепенные зерна его наблюдаются в капельных PP и RP хондрах. В табл. 3—7 и на рисунках 3 и 4 приведены результаты микрозондового анализа оливиновых зерен в хондрах разных категорий и структурных типов. Необходимо отметить, что в таблицах приведены не все полученные анализы оливинов, а в основном крайние их значения, получено много промежуточных анализов с интервалами значений Fa 0,1 мол.%.

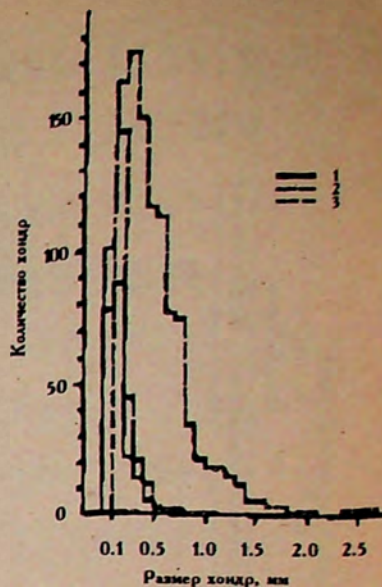


Рис. 1. Гистограмма распределения хондр по размерам.

1, 2 — хондрит Каинсаз: 1 — капельные, 2 — литические; 3 — хондрит Bujbold, L4

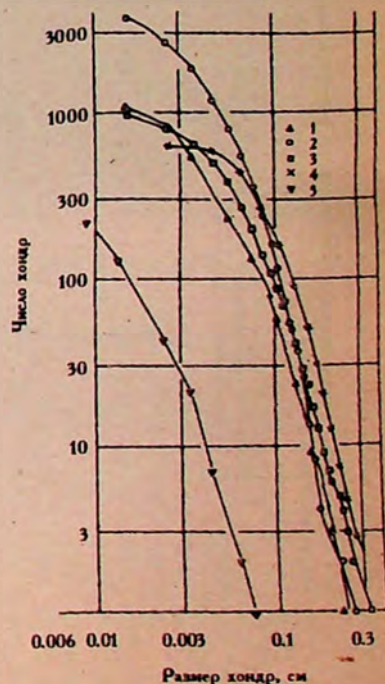


Рис. 2. Распределение по размерам хондр обыкновенных хондритов и угамистого хондрита Каинсаз.

Хондриты: 1 — Нильский L4; 2 — Саритов L3—4; 3 — Bujbold L4; 4 — Еленовка L5; 5 — Каинсаз CO3 (капельные хондры)

Средние составы оливина (Fa) и низкокальциевого пироксена (Fs) в хондрах хондритов Канисаз

Типы хондр	Оливин				Низко-Са пироксен			
	Количество анализируемых точек	Интервал составов Fa	Fa	PMD	Количество анализируемых точек	Интервал составов Fs	Fs	PMD
Капельные хондры (всех типов)		0,63—67,31	12,25	93,3		1,05—21,31	3,60	79,4
GOR, GO	35	0,90—14,02	6,14	54,97	14	1,21—7,29	2,40	75,6
Микропоякситовые	6	8,62—12,85	11,09	16,8	9	2,12—8,80	4,84	45,5
POP, PO, PP	41	0,63—67,31	11,06	109,8	27	1,11—21,31	3,76	52,2
Моносоматические OI	11	1,52—13,71	4,80	94,4				
Криптокристаллические C					6	3,42—13,13	5,75	87,6
RP					8	0,94—6,66	3,32	80,2
Литические хондры (всех типов)		1,06—52,31	9,24	58,5		1,05—5,26	2,50	54,8
Микропорфиновые	5	7,06—8,76	7,73	8,6	12	1,05—4,12	2,00	49,6
Зернистые оливиновые и оливин-пироксеновые	25	1,06—52,31	9,15	66,3	13	1,14—5,26	3,20	48,0

Таблица 4

Химический состав оливина в микропорфиновых (PO, POP, PP) хондрах, мас. %

Окисел, минерал	К-3(14)*				К-26(4)				К-4(12)								К-4a	К-16(4)				К-17(21)					К-23(2)			К-24a	К-5	К-6	К-14
SO ₂	38,48	37,57	37,45	40,29	41,81	42,20	40,36	43,97	44,17	43,85	39,12	40,41	40,68	39,56	40,28	39,31	42,47	44,00	42,36	42,06	42,92	42,14	42,21	41,58	42,51	35,72	41,62	42,60	41,53	41,38	43,66	43,65	
TiO ₂	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,00	0,01	0,05	0,07	0,03	0,05	0,02	0,04	0,02	0,04	0,07	0,01	0,00	0,03	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	
Al ₂ O ₃	0,05	0,07	0,06	0,64	0,23	0,04	0,09	0,13	0,04	0,10	0,10	0,14	0,09	0,10	0,09	0,13	0,06	0,05	0,08	0,09	0,09	0,02	0,06	0,02	0,07	3,59	0,09	0,19	0,10	0,06	0,05	0,03	
Cr ₂ O ₃	0,07	0,10	0,08	0,05	0,34	0,08	0,17	0,16	0,09	0,01	0,21	0,14	0,12	0,11	0,05	0,08	0,02	0,07	0,11	0,1	0,16	0,11	0,07	0,09	0,16	0,11	0,05	0,08	0,21	0,14	0,01	0,06	
FeO	27,92	33,39	34,98	43,23	0,68	1,27	5,06	1,23	1,65	5,45	23,63	1,67	1,22	3,93	2,04	1,49	9,69	7,07	4,86	9,40	3,38	4,62	5,97	7,19	9,45	47,33	4,41	4,93	6,10	6,22	3,36	4,52	
MnO	0,48	0,29	0,33	0,49	0,03	0,33	0,44	0,07	0,06	0,08	0,15	0,10	0,03	0,07	0,04	0,08	0,02	0,13	0,15	0,13	0,29	0,26	0,16	0,15	0,19	0,11	0,06	0,04	0,19	0,10	0,03	0,27	
MgO	35,43	31,55	29,80	12,04	53,86	53,86	52,46	53,55	53,66	50,71	34,92	56,13	55,77	53,62	54,42	55,43	47,54	50,46	51,51	47,66	53,46	52,69	51,96	50,38	49,77	13,08	51,18	51,87	50,65	50,97	51,03	52,48	
CaO	0,06	0,23	0,23	5,50	0,68	0,17	0,22	0,23	0,20	0,25	0,28	0,25	0,25	0,28	0,25	0,26	0,19	0,25	0,20	0,20	0,22	0,18	0,24	0,14	0,18	1,17	0,29	0,26	0,03	0,18	0,24	0,15	
Na ₂ O	0,03	0,03	0,04	0,49	0,02	0,02	0,06	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	1,93	0,03	0,09	0,01	0,01	0,03	0,03	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	
P ₂ O ₅	0,00	0,07	0,00	0,01	0,04	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,06	0,01	0,02	0,06	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	
Сумма	102,54	103,31	102,99	102,82	97,75	97,98	98,89	99,40	99,98	100,52	98,53	98,92	98,24	97,71	97,22	96,88	100,02	102,05	99,31	99,69	100,56	100,09	100,68	99,62	102,35	103,55	97,81	100,16	98,88	99,09	98,42	101,22	
Fa	31,00	37,45	39,90	67,10	0,70	1,65	5,55	1,30	1,75	5,75	27,40	1,70	1,20	4,00	2,10	1,55	10,30	7,35	5,15	9,95	3,70	4,95	6,15	7,55	9,70	67,30	4,60	5,10	6,50	6,50	3,55	4,85	
Fs	69,00	62,55	60,10	32,90	99,30	98,35	94,45	98,70	98,25	94,25	72,60	98,30	98,80	96,00	97,90	98,45	89,70	92,65	94,85	90,05	96,30	95,05	93,85	92,45	90,30	32,70	95,40	94,90	93,50	93,50	96,45	95,15	

Примечание: * Количество анализов оливина по хондре.

Химический состав оливина в зернистых (GO, GOP) хондрах, мас. %

Таблица 5

Оксиды минерал	K-1a(5)*		K-7(2)		K-7a		K-7b(3)		K-7b(2)		K-13(6)			K-15		K-19(6)			K-26(4)			K-22a(2)		K-29(6)						K-10(6)		K-27(3)	
SiO ₂	41.56	41.41	41.19	44.35	44.39	44.24	42.82	44.22	44.51	42.35	42.89	41.81	41.19	43.37	43.91	42.43	41.90	42.73	43.34	42.15	42.05	42.22	42.10	42.82	42.11	41.95	42.22	43.76	43.49	41.45	41.40		
TiO ₂	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.07	0.05	0.01	0.02	0.07	0.02	0.02	0.08	0.01	0.05	0.06	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.00	0.01		
Al ₂ O ₃	0.06	0.02	0.09	0.13	0.08	0.23	0.30	0.08	0.08	0.18	0.09	0.09	0.90	0.07	0.09	0.12	0.06	0.14	0.06	0.03	0.07	0.13	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04		
Cr ₂ O ₃	0.06	0.09	0.22	0.02	0.06	0.22	0.17	0.13	0.11	0.26	0.13	0.16	0.49	0.06	0.17	0.21	0.00	0.10	0.02	0.03	0.10	0.20	0.06	0.07	0.05	0.22	0.11	0.08	0.06	0.08	0.10		
FeO	8.56	10.33	13.04	4.39	5.00	0.81	2.44	3.54	10.99	3.17	4.11	5.07	6.50	6.77	2.82	4.36	7.34	9.10	2.52	5.35	8.72	9.47	3.00	3.73	4.76	6.73	8.94	8.19	11.79	10.79	11.92		
MnO	0.08	0.10	0.11	0.10	0.1	50.06	0.09	0.20	0.18	0.09	0.23	0.20	0.12	0.17	0.10	0.02	0.14	0.15	0.07	0.04	0.39	0.30	0.05	0.09	0.09	0.12	0.07	0.19	0.17	0.10	0.09		
MgO	48.88	47.99	45.22	49.86	49.91	53.09	51.38	51.62	47.65	52.83	51.95	52.28	47.66	51.14	54.09	51.84	50.68	48.66	54.67	51.46	49.45	48.41	54.21	53.86	51.22	49.23	50.21	49.85	47.05	46.79	45.73		
CaO	0.20	0.14	0.08	0.21	0.23	0.57	0.49	0.22	0.19	0.41	0.21	0.21	0.43	0.25	0.31	0.28	0.25	0.33	0.25	0.16	0.18	0.29	0.20	0.26	0.18	0.20	0.26	0.24	0.18	0.15			
Na ₂ O	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.16	0.18	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00		
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00		
Сумма	99.46	100.14	100.01	99.09	99.82	99.30	97.77	100.03 (103.77)	99.38	99.64	99.88	97.71	102.03	101.53	99.33	100.40	101.31	101.02	99.38	100.98	101.02	99.80	100.84	98.61	98.60	101.84	102.46	102.86	99.47	99.52			
Fe	9.00	10.85	14.00	4.70	5.45	0.90	2.65	3.85	11.5	3.35	4.5	5.35	7.20	7.00	2.90	4.50	7.60	9.50	2.60	5.55	9.40	10.16	3.05	3.90	5.05	7.20	8.75	8.60	12.50	11.55	12.85		
Fe	91.00	89.15	86.00	95.30	94.55	99.10	97.35	96.15	88.5	96.65	95.5	94.65	92.80	93.00	97.10	95.50	92.40	90.50	97.40	94.45	90.60	89.85	96.95	96.10	94.95	92.80	91.25	91.40	87.50	88.45	87.15		

Примечание: * Количество анализов оливина по хондре.

Таблица 6

Химический состав оливина в хондрах разных структурных типов*, мас. %

Оксид, минерал	K-1 (16)**						K-12	K-11 (6)			K-25 (6)						K-26a (4)				K-28 (6)			
SiO	35,63	42,45	39,85	40,23	38,22	35,32	46,94	43,24	41,77	42,08	42,99	42,00	40,46	39,80	41,81	42,20	40,36	40,28	41,64	42,19	41,60	41,61		
TiO ₂	0,05	0,03	0,07	0,09	0,05	0,03	0,04	0,07	0,00	0,08	0,01	0,04	0,03	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,00		
Al ₂ O ₃	1,45	2,81	3,00	1,91	1,71	1,97	0,64	0,22	0,10	0,19	0,09	0,10	0,09	0,16	0,23	0,04	0,09	0,64	0,07	0,05	0,18	0,07		
Cr ₂ O ₃	0,71	0,90	0,65	0,61	0,70	0,45	0,62	0,35	0,19	0,22	0,14	0,14	0,12	0,13	0,34	0,08	0,17	0,05	0,07	0,15	1,09	0,10		
FeO	44,30	34,64	35,23	33,60	37,80	43,09	12,32	1,72	5,10	1,41	2,91	5,48	12,79	14,19	0,68	1,27	5,06	43,23	3,48	4,86	6,63	9,42		
MnO	0,42	0,25	0,39	0,35	0,35	0,46	0,31	0,03	0,15	0,07	0,12	0,07	0,12	0,10	0,03	0,33	0,44	0,49	0,12	0,17	0,27	0,42		
MgO	17,79	15,36	16,01	16,29	17,00	18,29	39,42	51,83	49,80	53,78	53,34	51,21	45,60	43,97	53,86	53,86	52,46	12,04	52,90	51,83	50,83	49,04		
CaO	1,12	3,42	2,32	6,75	5,11	1,24	0,51	0,13	0,21	0,42	0,26	0,18	0,19	0,22	0,68	0,17	0,22	5,50	0,19	0,21	0,09	0,16		
Na ₂ O	0,58	0,79	1,18	0,80	0,76	0,66	0,27	0,06	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,49	0,02	0,02	0,07	0,01		
K ₂ O	0,06	0,01	0,01	0,06	0,06	0,06	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01		
P ₂ O ₅	0,62	0,37	0,38	0,56	0,75	0,45	0,03	0,05	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,01	0,12	0,00	0,00	0,01		
Сумма	102,73	101,03	99,09	101,25	102,51	102,02	101,12	97,70	97,33	98,31	99,83	99,25	99,44	98,61	97,75	97,98	98,89	102,79	98,63	99,51	100,78	100,85		
Fe	58,25	55,8	55,25	53,70	55,8	57,25	15,10	1,80	5,50	1,50	3,10	5,70	13,70	15,40	0,70	1,65	5,55	67,10	3,70	5,15	7,10	10,10		
Fe	41,75	44,20	44,75	46,30	44,20	42,75	84,90	98,20	94,50	98,50	96,90	94,30	86,30	84,60	99,30	98,35	94,45	32,90	96,30	94,85	92,90	89,90		

Примечание: * Структурные типы хондр см. в таблице 2.

** Количество анализов оливина по хондре.

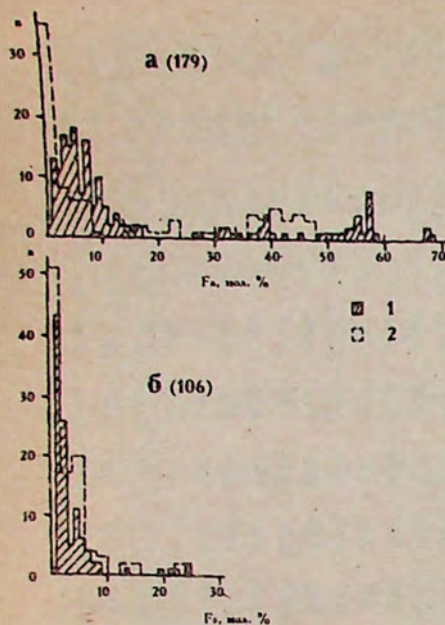


Рис. 3. Гистограммы распределения содержаний Fa в оливине и Fa в низкокальциевых пироксенах в хондрах всех типов хондритов Кинсаз (1) и Colony (2) [Rubin et al., 1985]

Для CO и GOR хондр также отмечаются вариации в составе оливинов (табл. 3, 5 и рис. 4), но нет высокожелезистых разновидностей. Зональных зерен или нет, или же мало в пределах индивидуальной хондры; также слабо развита зональность в составе оливина в целом по хондре (в пределах до 5–6 мол. % Fa). Исключение составляют микропойкилитовые (разновидность GOR) хондры, где четко выражено бимодальное распределение составов оливина: в центре хондр Fa 8,6–12,5 (хондры К—10, К—27), а на периферии, в пойкилитовых вростках оливина в ортопироксене, — Fa 50–52. Колосниковые оливиновые (BO) хондры нами не проанализированы, но в CO хондритах [VcSween et al., 1983; Rubin, Wasson, 1988] оливин в них сравнительно высокожелезистый — Fa 35–50.

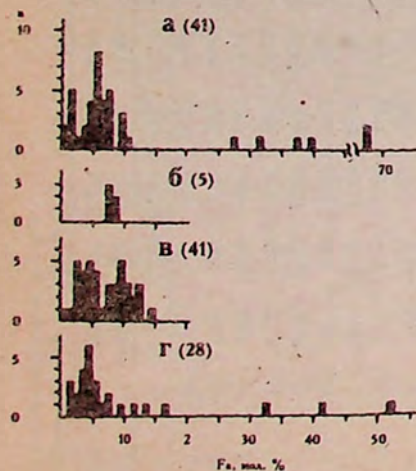


Рис. 4. Гистограммы распределения содержаний Fa в оливине в хондрах разных структурных типов хондрита Кинсаз.

Хондры: а — каплевидные РО и РОР; б — литические микропорфировые; в — каплевидные СО и GOR; г — литические зернистые

Как видно из табл. 3 и рис. 3, 4, оливин в каплевидных хондрах разных структурных типов имеет гетерогенный состав, главным образом, по содержанию Fa и Fo . Для РО, РОР хондр характерны широкие вариации составов оливина, наблюдаемые как в пределах одной отдельно взятой хондры, так и между отдельными хондрами (табл. 4). Для хондр этих типов также хорошо выражена двойная нормальная зональность в составе оливинов: в целом по хондре и по отдельным зернам в пределах индивидуальной хондры. Например, в хондре К—16 наблюдается зональность по содержанию Fa : от 5,15 мол. % в центре до 9,95 мол. % на периферии. Зональность по зернам оливина не превышает Fa 5–10 мол. %. Нередко в одной и той же хондре обнаруживается бимодальное распределение составов оливина: в центре хондры — форстерит, а на периферии, часто в пойкилитовых вростках в ортопироксене (например, хондры К—266, К—17; табл. 4), — высокожелезистый оливин Fa 30–67. Хондра К—4 (РОР) содержит крупные отдельные фенокристаллы форстерита с обратной зональностью (колонки 12–16 в табл. 4) — края Fa 1,55–1,7, центр — Fa 4,0. Сердцевинки таких кристаллов часто имеют “запыленный” вид из-за мельчайших включений частиц восстановленного железа. Такие зерна оливина (и пироксена), имеющие обратную зональность, не согласующуюся с кристаллизацией из расплава, считаются реликтовыми [Nagahara, 1981; Rambaldi, 1981]. Хондры с реликтовыми зернами могли быть образованы или путем частичного расплавления обломков первичных хондр [Nagahara, 1981; Rambaldi, 1981], или в результате захвата крупных реликтовых зерен полностью или частично расплавленными хондрами второй генерации [Kracher et al., 1984].

В РР хондрах наблюдаются отдельные зерна форстеритового состава Fa 3,55–6,5; Fa 4,7, т.е. вариации состава оливина сравнительно узкие в тех хондрах, где он является второстепенным.

В С хондрах оливин имеет разный состав (табл. 6): в оливин-пироксеновой хондре К—12 оливин является однородным Fa 15, а в хондре К—1 он высокожелезистый и обнаруживает зональность от центра Fa 53,7–55,8 до периферии Fa 57,6–58,2. Так называемые моносоматические оливиновые (01) хондры сложены или одним, или несколькими кристаллами оливина, которые имеют форстеритовый состав Fa 1,8–5,5 (редкие анализы Fa 13,7–15,4) (табл. 6). В хондре К—26а встречен оливин состава Fa 67,10 с высоким содержанием CaO (5,5 мас. %). В сложной хондре К—28 округлые зерна оливина являются второстепенными, расположены на фоне радиально-лучистых лейст ортопироксена и имеют состав Fa 3,7–10,1.

Составы оливина в литических микропорфировых и зернистых оливин-пироксеновых хондрах (рис. 4, табл. 7) несколько отличается от подобных типов каплевидных хондр. В микропорфировых оливин-пироксеновых хондрах не обнаружено зональности в содержаниях Fa , наблюдаются отдельные зерна оливина состава Fa 7–14,3. Изменения по содержаниям Fa между отдельными хондрами также незначительны. Вариации состава оливина в зернистых оливин-пироксеновых хондрах аналогичны таковым в GOR хондрах. Исключение составляет одна хондра (К—126), содержащая более высокожелезистый оливин Fa 32,9–52,3, который может быть реликтовым.

В содержаниях других элементов (Al , Ca , Mn и Cr) в оливинах хондр разных структурных типов систематических вариаций не наблюдается. Лишь очень высокожелезистые оливины ($Fa > 50$) в некоторых РОР хондрах содержат повышенные количества CaO , Al_2O_3 , Na_2O и

Таблица 7

Химический состав оливина антитических хондр, мас. %

Оксиды анализ	K-18(2)*			K-18a	K-18b(3)			K-2a(6)				K-12b(6)				K-19a(3)			K-19"K"(3)				K-23a(5)				K-25a(7)								K-a(3)	K-6
SO ₂	42.99	42.18	42.70	42.61	42.69	44.54	45.02	44.13	43.46	35.48	33.65	34.78	43.38	42.07	42.04	42.62	42.18	42.55	42.42	42.95	41.96	41.99	42.08	45.17	41.89	41.73	40.64	42.87	42.33							
TO ₂	0.01	0.12	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.08	0.10	0.25	0.02	0.06	0.03	0.03	0.04	0.07	0.05	0.05	0.08	0.01	0.00	0.04	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02							
Al ₂ O ₃	0.03	1.05	0.06	0.04	0.09	0.10	0.05	0.09	0.03	0.17	0.89	0.47	0.23	0.13	0.12	1.63	0.04	0.16	0.08	0.08	0.31	0.04	0.03	0.35	0.03	0.07	0.25	0.03	0.05							
Cr ₂ O ₃	0.05	0.44	0.04	0.12	0.01	0.13	0.10	0.12	0.12	0.65	1.32	0.45	0.10	0.14	0.29	0.30	0.06	0.14	0.04	0.08	0.38	0.04	0.05	0.01	0.04	0.10	0.36	0.11	0.06							
FeO	7.12	13.33	6.63	6.79	8.19	1.03	1.97	2.32	3.69	30.01	36.12	42.29	2.54	4.42	7.29	3.72	4.70	3.24	4.40	4.87	10.91	4.83	5.98	6.92	8.93	12.49	15.33	3.23	3.27							
MnO	0.18	0.05	0.06	0.14	0.09	0.01	0.00	0.07	0.08	0.48	0.44	0.44	0.12	0.11	0.20	0.09	0.14	0.13	0.17	0.23	0.10	0.13	0.22	0.26	0.17	0.13	0.09	0.11	0.10							
MgO	49.51	44.59	49.43	49.58	48.40	54.72	54.52	53.92	53.22	34.52	28.23	21.86	54.22	53.16	50.40	50.38	52.45	53.15	52.13	52.79	48.59	51.60	50.21	46.64	48.99	46.56	43.26	51.06	49.36							
CaO	0.22	1.31	0.19	0.23	0.19	0.08	0.07	0.08	0.04	0.35	0.48	0.22	0.30	0.33	0.29	1.00	0.31	0.28	0.24	0.20	0.38	0.27	0.26	0.50	0.20	0.15	0.25	0.20	0.23							
Na ₂ O	0.03	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.02	0.29	0.03	0.01	0.02	0.24	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.02							
K ₂ O	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00							
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.09	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.13	0.01	0.00							
Сумма	100.17	103.12	99.12	99.56	99.69	100.64	101.76	100.76	100.65	101.81	101.35	101.89	100.94	100.43	100.68	100.06	99.94	99.76	99.56	101.27	102.76	98.95	98.87	99.92	100.29	101.29	100.36	97.67	(95.44)							
Fe	7.50	14.30	7.05	7.30	8.75	1.05	2.00	2.40	3.80	32.90	41.80	52.30	2.65	4.50	7.70	4.00	5.00	3.40	4.30	5.15	11.30	5.10	6.50	8.00	9.45	13.20	16.70	3.50	3.70							
Fe	92.50	85.70	92.95	92.70	91.25	98.95	98.00	97.60	96.20	67.10	58.20	47.70	97.35	95.50	92.30	96.00	95.00	96.60	95.60	94.85	88.70	94.90	93.50	92.00	90.55	86.80	83.30	96.50	96.30							

Примечание: * Количество анализов оливина по хондре.

Химический состав ортопироксена и низкокальциевого клинопироксена в микропорфириловых и зернистых хондрах, мас. %

Оксид, минерал	К-3(5)*		К-4(4)				К-4a(2)		К-16(4)		К-17(6)		К-23(2)		К-24a	К-5(5)		К-6(2)		
SiO ₂	54,47	53,90	60,94	59,05	58,55	55,30	59,85	59,38	60,35	59,04	59,06	60,72	58,08	60,17	59,63	58,09	58,20	59,04	60,02	58,31
TiO ₂	0,26	0,29	0,37	0,56	0,59	0,97	0,16	0,10	0,22	0,25	0,17	0,07	0,27	0,23	0,18	0,17	0,22	0,50	0,22	0,22
Al ₂ O ₃	2,08	2,92	1,09	1,38	1,40	3,38	1,05	0,78	1,43	1,51	0,91	1,73	1,64	1,43	1,40	0,89	1,19	1,04	2,97	2,16
Cr ₂ O ₃	1,08	1,20	0,16	0,17	0,20	0,23	0,49	0,59	0,56	0,58	0,55	0,66	0,68	0,56	0,62	0,75	0,68	0,66	1,48	1,22
FeO	11,89	13,74	0,55	0,82	0,92	4,00	0,98	1,08	1,00	1,44	0,98	0,66	1,22	1,03	1,49	1,16	0,76	1,00	2,65	3,43
MnO	0,53	0,88	0,17	0,24	0,22	0,17	0,06	0,06	0,07	0,14	0,07	0,43	0,20	0,06	0,12	0,26	0,06	0,15	0,34	0,25
MgO	27,56	24,58	35,25	33,87	32,08	32,48	37,11	36,96	36,74	36,90	38,33	33,70	36,68	35,99	34,97	36,98	37,22	36,80	31,41	33,89
CaO	2,30	4,51	0,58	1,06	3,47	3,87	0,61	0,47	1,38	0,78	0,49	2,01	1,08	0,94	0,83	0,99	0,45	0,50	2,25	1,65
Na ₂ O	0,05	0,02	0,02	0,09	0,04	0,43	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,38	0,02	0,04	0,06	0,05	0,00	0,03	0,04	0,02
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,03	0,06	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Сумма	100,22	102,04	99,14	97,29	97,49	100,90	100,33	99,49	101,76	100,67	100,61	100,39	99,94	100,46	99,35	99,34	98,82	99,75	101,39	101,16
Fs	19,25	22,80	1,10	1,70	1,80	6,20	1,45	1,70	1,60	2,30	1,50	1,70	2,10	1,65	2,50	2,05	1,20	1,70	4,75	5,50
En	76,15	68,20	97,80	96,10	91,10	86,40	97,40	97,45	95,80	96,25	97,60	94,30	95,90	96,55	95,90	96,05	97,95	97,35	90,65	91,35
Wo	4,60	9,00**	1,10	2,20	7,10	7,40	1,15	0,85	2,60	1,45	0,90	4,00	0,20	1,80	1,60	1,90	0,85	0,05	4,60	3,15

Оксид, минерал	К-14(3)		К-7(2)		К-7a(3)		К-7a	К-13(2)		К-19(3)		К-22a	К-29(2)		К-10(7)				К-27(4)	
SiO ₂	60,53	59,35	61,20	(53,30)	58,27	61,27	53,97	57,63	58,70	60,16	59,82	59,14	59,27	59,13	59,06	58,61	57,71	57,46	58,95	58,11
TiO ₂	0,11	0,20	0,13	0,12	0,55	0,11	0,41	0,28	0,21	0,14	0,28	0,15	0,16	0,18	0,18	0,15	0,17	0,22	0,12	0,13
Al ₂ O ₃	1,11	2,98	1,03	1,28	5,03	0,89	8,23	3,24	1,75	1,38	1,36	0,13	0,88	1,27	1,41	1,35	0,88	1,38	0,94	1,41
Cr ₂ O ₃	0,86	1,19	0,49	0,60	0,36	0,52	0,84	0,75	0,79	0,57	0,50	0,91	0,45	0,58	0,61	0,62	0,57	0,60	0,88	1,17
FeO	1,27	2,50	0,84	1,77	0,64	1,17	4,47	0,71	0,85	0,86	1,07	2,77	0,89	1,40	1,32	2,62	3,75	6,12	2,69	4,38
MnO	0,07	0,35	0,03	0,14	0,13	0,04	0,11	0,20	0,19	0,13	0,05	0,31	0,04	0,03	0,13	0,07	0,13	0,11	0,04	0,23
MgO	36,88	33,52	37,51	35,00	33,86	36,46	30,90	35,08	35,69	36,60	37,39	34,09	37,44	36,36	36,89	36,47	34,02	35,13	35,40	33,24
CaO	0,50	1,88	0,55	0,88	3,06	0,47	2,31	2,15	1,64	0,75	0,56	1,71	0,54	1,12	0,99	0,94	2,38	1,31	0,58	1,51
Na ₂ O	0,01	0,60	0,01	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,15	0,14	0,04	0,06
K ₂ O	0,00	0,04	0,03	0,05	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04	0,04	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сумма	101,34	102,61	101,82	(93,19)	101,91	100,96	101,25	100,05	99,84	100,65	101,05	99,24	99,69	100,10	100,62	100,86	99,80	102,51	99,65	100,25
Fs	2,00	4,40	1,25	2,95	1,20	1,80	7,30	1,40	1,55	1,50	1,65	4,70	1,40	2,10	2,10	3,90	5,75	8,80	4,10	7,00
En	97,05	91,90	97,70	95,30	92,75	97,30	88,00	94,45	95,30	97,10	97,30	92,00	97,60	95,80	96,00	94,35	89,75	88,90	94,80	90,05
Wo	0,95	3,70	1,05	1,75	6,05	0,90	4,70	4,15	3,15	1,40	1,05	3,30	1,00	2,10	1,90	1,75	4,50	2,30	1,10	2,95

Примечание: * Количество анализов пироксенов по хондре. ** Зерна с содержанием Wo ≥ 4 мол.% относятся к низкокальциевому клинопироксену.

K₂O (табл. 4; хондры К—17, К—266). Такая же зависимость наблюдается в С хондрах (табл. 6; хондры К—1, К—12) и в одной моносоматической оливиновой хондре (К—26а). Кроме того, по сравнению с хондрами других типов, в оливине С хондр повышены содержания MnO и Cr₂O₃. Эти взаимоотношения содержаний элементов в оливине (и в пироксенах — см. ниже) хондр разных структурных типов отражаются в их валовых химических составах: в неизменных СО хондритах, к которым относится хондрит Каинсаз, отмечено [McSweep, 1977], что хондриты I типа (GO, GOP) обогащены MgO, хондры II типа (PO, POP) — Fe, а хондры III типа (RP, C) — тугоплавкими элементами.

Пироксены. Минералы группы пироксенов в хондрах хондрита Каинсаз представлены ортопироксеном, низкокальциевым клинопироксеном и высококальциевыми монаклинными пироксенами.

Ортопироксен и низкокальциевый клинопироксен являются главными минералами в капельных POP, PP и RP хондрах, а также иногда преобладают (по отношению в оливину) в GOP, микропиклитовых их разновидностях, С хондрах и в обоих типах латических хондр. Единичные кристаллы ортопироксена (Орх) и низкокальциевого клинопироксена (Срх) встречаются в PO и GO хондрах. Составы Орх и Срх в капельных хондрах разных структурных типов различаются незначительно (табл. 3, 8—9, рис. 5) по содержаниям FeO, MgO и CaO. Содержания Ti, Al и Cr находятся в пределах отдельной хондры в прямой зависимости от содержания Fe (за небольшими исключениями; см. табл. 8, 9).

В POP и PP хондрах преобладает ортопироксен, Срх встречается сравнительно редко (Wo ≥ 4 мол.%, табл. 8, 9). Оба минерала имеют эвстатитовый состав F_s 1,1—6,2, причем Срх несколько более железистый (рис. 5 и табл. 8). Вариации по содержанию Fe незначительны как в пределах индивидуальных хондр (F_s 1—2, реже 5), так и между хондрами (F_s не > 5). В отличие от гетерогенных оливинов в этих хондрах, Орх и Срх сравнительно однородные и не обнаруживают бимодального распределения по составу; отсутствуют высокожелезистые разновидности.

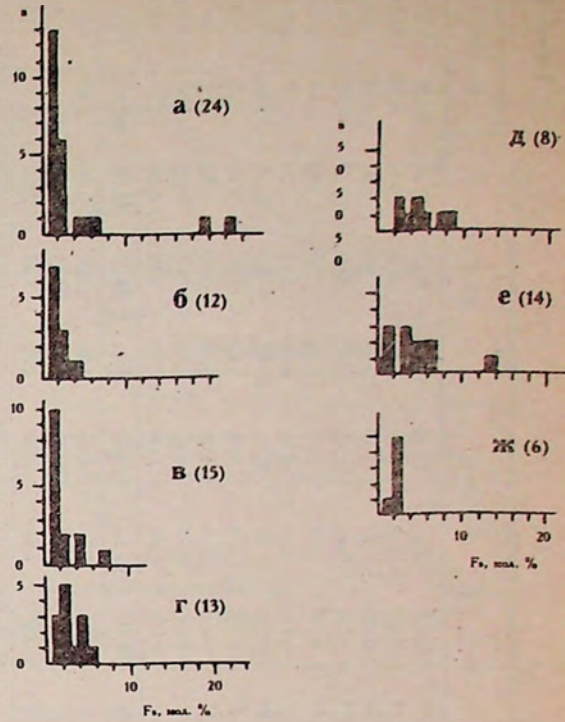


Рис. 5. Гистограммы распределения содержаний F_s в низкокальциевых пироксенах в хондрах хондрита Каинсаз.
Хондры: а — капельные: RP, PO и POP; б — античные микропиклитовые; в — капельные GO и GOP; г — античные эвстатиты; д — капельные микропиклитовые GOP; е — RP и C; ж — сложная

Химический состав ортопироксена и низкокальциевого клинопироксена в капельных хондрах разных структурных типов, мас. %

Оксид, минерал	К—20(5)*			К—23г(3)			К—12(8)				К—28(6)		
SiO ₂	59,98	59,93	57,14	58,81	58,88	50,74	50,57	58,17	57,56	52,30	58,75	60,24	59,98
TiO	0,11	0,10	0,12	0,10	0,09	0,19	0,16	0,34	0,33	0,27	0,19	0,11	0,14
Al ₂ O ₃	0,72	0,66	1,12	1,22	1,08	1,11	1,23	2,95	2,86	2,10	0,96	0,49	1,07
Cr ₂ O ₃	0,58	0,57	0,47	0,93	0,80	1,16	0,61	1,33	1,34	1,22	0,55	0,95	0,90
FeO	0,56	0,92	1,96	3,77	4,28	3,96	9,02	1,64	2,00	3,31	1,07	1,53	1,75
MnO	0,10	0,09	0,10	0,19	0,09	0,48	0,61	0,57	0,80	0,53	0,08	0,28	0,21
MgO	38,94	37,50	34,84	34,57	33,57	36,80	34,79	32,48	27,59	34,28	38,46	36,85	36,49
CaO	0,53	0,73	1,16	1,19	1,12	1,53	1,35	3,47	5,65	3,16	0,54	0,53	0,68
Na ₂ O	0,04	0,04	0,15	0,03	0,06	0,22	0,15	0,57	0,43	0,32	0,02	0,01	0,10
K ₂ O	0,01	0,01	0,05	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,00	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Сумма	101,57	100,56	97,18	101,13	99,99	(96,21)	98,54	101,54	98,61	97,49	100,65	101,0	100,33
F _s	0,90	1,50	3,15	5,85	6,65	6,10	13,10	3,45	4,70	5,50	1,60	2,65	2,90
En	98,10	97,15	94,60	91,90	91,15	91,20	84,50	89,70	83,10	88,70	97,40	96,35	95,80
Wo	1,00	1,35	2,25	2,25	2,20	2,70	2,40	6,85	12,20	5,80	1,00	1,00	1,30

Примечание: * Количество анализов пироксенов по хондре.

Химический состав ортопироксена и низкокальциевого клинопироксена в литических хондрах разных структурных типов, мас. %

Химический состав ортопироксена и низкокальцевого клинопироксена в антитических хондрах разных структурных типов, мас. %																	
Оксиды, минерал	К—12а(3)*		К—18(3)		К—18а(3)		К—18б(4)		К—12б(4)		К—23а(3)		К—25а(4)			К—6(3)	
SiO ₂	59,11	59,46	60,22	61,53	60,89	60,50	59,82	58,97	57,29	58,72	59,05	52,45	59,64	57,63	57,05	59,87	59,15
TiO	0,10	0,11	0,29	0,19	0,14	0,08	0,31	0,24	0,04	0,10	0,18	0,72	0,12	0,12	0,16	0,12	0,23
Al ₂ O ₃	0,65	0,82	1,14	1,22	0,60	0,60	1,29	1,27	0,56	0,47	1,02	3,27	0,72	1,44	1,02	0,84	2,16
Cr ₂ O ₃	0,64	1,09	0,53	0,63	0,44	0,39	0,35	0,47	0,63	0,75	0,47	0,95	0,47	0,42	0,52	0,46	0,62
FeO	2,31	2,44	0,68	1,31	0,88	1,19	0,71	1,55	2,33	3,09	0,90	2,73	1,24	1,89	3,15	0,64	0,98
MnO	0,07	0,25	0,07	0,17	0,04	0,05	0,10	0,09	0,32	0,44	0,12	0,36	0,16	0,07	0,23	0,07	0,14
MgO	35,29	33,83	37,22	36,03	37,30	36,20	36,63	35,42	38,01	34,15	37,06	31,36	36,07	35,68	35,33	34,30	33,12
CaO	0,65	1,92	0,72	1,08	0,46	0,52	0,54	0,95	0,39	0,70	0,54	9,51	1,47	0,93	1,46	0,61	0,92
Na ₂ O	0,04	0,02	0,01	0,24	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,17
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05	0,02	0,00	0,02
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Сумма	98,87	99,95	100,88	102,42	100,80	99,62	99,80	99,00	99,66	98,46	99,36	101,41	99,96	98,29	98,98	96,95	97,52
Fs	3,60	4,10	1,05	2,20	1,35	1,90	1,20	2,50	3,75	5,25	1,50	4,40	2,00	2,90	5,00	1,10	1,85
En	95,15	92,15	97,60	95,75	97,80	97,10	97,75	95,70	95,55	93,35	97,50	78,50	95,25	95,30	92,30	97,60	96,30
Wo	1,25	3,75	1,35	2,05	0,85	1,00	1,05	1,80	0,70	1,40	1,00	17,10	2,75	1,80	2,70	1,30	1,85

Примечание * Количество анализов пироксенов по хондре.

Таблица 11

Химический состав высококальциевых моноклиновых пироксенов в каплевидных хондрах разных структурных типов, мас. %

Оксиды, минерал	К—4(15)*										К—16		К—23(3)		К—5(4)		К—6(4)		К—7a(2)		К—15(4)		К—29(2)		К—10(3)		К—27		К—20(5)		К—12		К—28(3)		
SiO ₂	56,18	51,44	55,13	54,86	50,23	50,99	51,47	49,65	54,02	52,98	53,95	53,85	51,91	49,82	48,43	48,86	51,74	51,59	53,00	52,06	55,42	51,46	54,10	54,46	52,19	51,13	55,49	51,50	48,71	50,22	49,89				
TiO ₂	1,56	1,11	0,93	0,93	0,84	0,49	1,00	0,90	0,04	2,64	1,04	1,17	1,27	1,00	0,82	1,08	0,75	0,73	0,85	1,07	0,81	0,96	0,82	0,35	0,75	0,94	0,39	0,05	1,12	0,86	0,07				
Al ₂ O ₃	4,24	11,70	16,74	16,55	16,81	18,69	19,18	17,93	0,08	3,44	3,39	3,60	4,71	9,82	7,36	9,82	9,58	9,99	8,71	8,97	3,02	4,22	3,86	12,17	3,57	6,51	2,20	1,67	10,96	6,25	0,94				
Cr ₂ O ₃	0,14	0,18	0,16	0,19	0,15	0,13	0,15	0,16	0,11	0,78	0,98	1,14	1,16	2,04	1,82	2,04	0,92	0,91	1,54	1,31	0,73	0,76	0,62	0,67	2,15	1,08	1,03	1,22	2,12	1,88	0,06				
FeO	0,61	1,62	4,68	4,88	5,84	6,78	5,16	6,19	4,86	1,00	0,93	0,92	0,93	2,34	2,47	2,65	2,60	2,87	1,38	1,12	1,00	3,19	3,33	2,62	4,45	0,44	0,60	23,20	1,09	1,09	26,85				
MnO	0,19	0,16	0,07	0,06	0,11	0,07	0,00	0,05	0,15	0,49	0,28	0,52	0,65	0,49	0,64	0,91	0,05	0,09	0,51	0,41	0,22	0,14	0,30	0,05	0,76	0,37	0,56	0,24	0,30	0,42	0,38				
MgO	23,00	13,10	8,90	7,40	10,65	10,40	5,84	9,64	20,17	17,94	23,00	20,50	18,32	18,35	17,77	16,61	17,93	16,53	22,01	18,08	25,21	23,55	18,96	20,39	18,48	17,93	25,17	3,48	17,70	20,80	1,31				
CaO	13,57	16,88	2,96	4,20	5,48	2,46	5,09	4,06	19,47	20,37	15,68	19,12	20,66	18,42	20,52	19,70	19,77	20,53	15,06	18,79	14,70	17,01	19,28	8,62	16,86	21,97	15,32	18,10	18,13	16,80	19,30				
Na ₂ O	0,12	2,55	10,07	10,11	8,85	8,50	10,46	9,65	0,00	0,25	0,06	0,04	0,05	0,02	0,03	0,07	0,00	0,03	0,16	0,04	0,07	0,05	0,22	2,23	0,08	0,04	0,01	1,62	0,29	0,04	1,36				
K ₂ O	0,01	0,26	0,16	0,18	0,22	0,21	0,32	0,28	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,42	0,03	0,01	0,00	0,07	0,00	0,01	0,10				
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,03	0,00	0,00				
Сумма	99,62	99,00	99,80	99,36	99,23	98,72	98,70	98,55	98,92	99,89	99,31	100,86	99,66	102,32	99,87	101,75	103,35	103,28	103,22	101,85	101,18	101,35	101,51	101,98	99,32	100,42	100,78	101,21	100,45	98,37	100,26				
Fs	1,30	3,80	19,30	21,00	18,65	24,00	23,35	21,80	7,60	2,50	2,00	2,30	2,60	4,70	5,05	6,00	4,40	5,00	3,10	2,60	1,90	5,00	5,80	5,40	8,70	1,35	1,80	43,65	2,50	2,50	50,20				
En	69,30	50,15	65,20	56,20	59,50	64,95	47,15	60,00	54,65	53,70	65,80	58,50	53,80	55,50	52,05	50,90	53,50	50,30	65,10	55,90	69,10	62,50	54,40	72,60	55,10	52,45	68,30	11,65	56,20	61,70	4,30				
Wo	29,40	46,05	15,50	22,80	21,85	11,05	29,50	18,20	37,75	43,80	32,20	39,20	43,60	39,80	42,90	43,10	42,10	44,70	31,80	41,50	29,00	32,50	39,80	22,00	36,20	46,20	29,90	44,70	41,30	35,80	45,50				

Примечание * Количество анализов пироксенов по хондре.

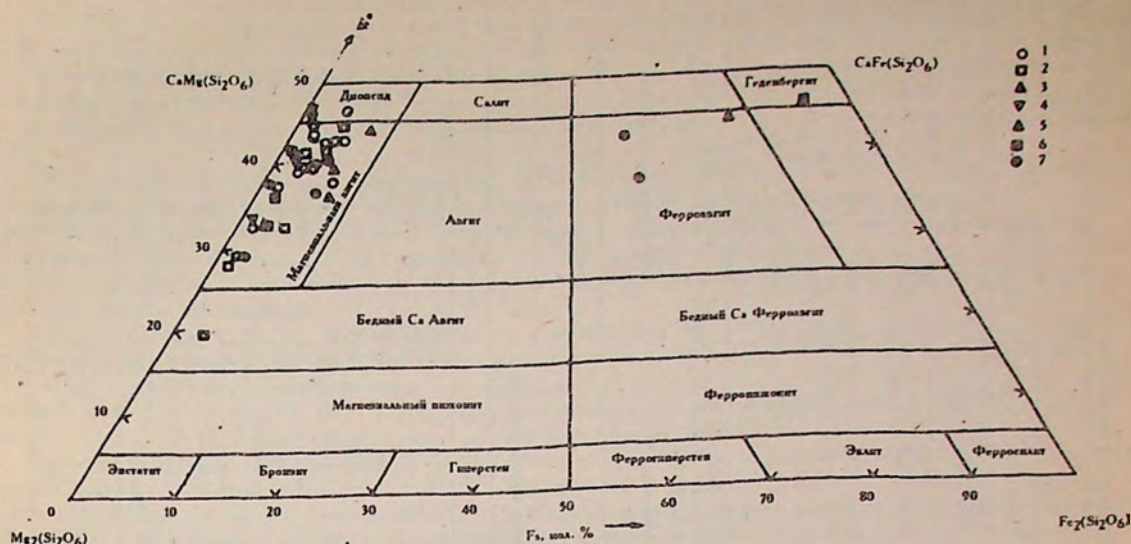


Рис. 6. Составы высококальциевых пироксенов в хондрах хондритов Канисаз.

Хондры: 1 — РОР и РО; 2 — СО и ГОР; 3 — микропиклитовые; 4 — РР; 5 — С; 6 — сложенные; 7 — литические все 2 типа.
К статье Яришского (LL хондриты)

Исключение составляет одна РО хондра К—3, где Сrx является второстепенным и имеет состав Fs 19,3—22,8. (в ассоциации с О1 Fa 31—40).

Для ГО и ГОР хондр также обладающим является Орх, Сrx встречается в единичных зернах в отдельных хондрах. Вариации составов по содержанию Fs аналогичны порфириновым хондрам. Немного более железистыми являются Орх (и Сrx в одной хондре) в микропиклитовых (Fs 2,10—8,8 мол.%) хондрах.

В РР хондрах обнаружен только Орх состава Fs 0,9—3,15 и 5,85—6,75. Характерны вариации состава Орх в пределах индивидуальных хондр: наблюдаются пластинки Орх с разным составом (2—3 мол. % Fs), иногда изменения состава в этих же пределах обнаруживаются по длине пластинок-лучинок Орх. Относительно более железистые Орх и Сrx обнаружены в криптокристаллической оливин-пироксеновой хондре К—12; Орх Fs 6,1—13,1; Сrx Fs 3,4—5,7 (в ассоциации с оливином Fa 15).

Отличительной особенностью низкокальциевых пироксенов (Орх и Сrx) литических хондр обоих структурных типов является относительно более гомогенный их состав по сравнению с оливинами и очень незначительные вариации по содержанию Fs в пределах индивидуальных хондр, не превышающие 1 мол. % (табл. 3, 10).

По данным табл. 3 можно сделать следующие основные выводы: 1. Оливины и низкокальциевые пироксены капель-

Таблица 12

Химический состав высококальциевых моноклинных пироксенов в литических хондрах разных структурных типов, мас. %

Оксиды, минерал	К—18	К—18б		К—6	
SiO ₂	56,63	57,86	50,37	54,25	56,40
TiO ₂	0,64	0,09	0,04	1,17	0,58
Al ₂ O ₃	1,46	8,11	7,36	8,09	11,15
Cr ₂ O ₃	0,62	0,02	0,06	1,79	0,91
FeO	0,61	15,21	20,14	0,88	2,27
MnO	0,16	0,10	0,10	0,52	0,30
MgO	22,02	5,83	7,14	20,56	13,77
CaO	19,17	14,96	15,26	12,33	14,41
Na ₂ O	0,04	1,60	1,29	0,66	1,42
K ₂ O	0,02	0,04	0,04	0,05	0,08
P ₂ O ₅	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Сумма	101,37	103,84	101,80	100,30	101,29
Fs	1,20	34,10	38,60	2,60	5,60
En	60,95	23,15	24,20	68,05	53,90
Wo	37,85	42,75	37,20	29,35	40,50

Таблица 13

Химический состав плагиоклаза и стекол в капсельных хондрах разных структурных типов, мас. %

Оксиды, минерал	К-3(2)**		К—4a(2)		К—23*(3)		К—24a		К—5(4)		К—6(3)		К—19	К—29(2)		К—10(10)		К—22(3)		К—12(9)				К—28(2)	
SiO ₂	49,31	55,12	58,11	47,71	47,91	58,14	48,72	50,10	51,81	54,18	48,86	47,72	48,41	43,61	47,50	47,69	48,44	63,24	76,87	80,34	82,24	91,53	94,34	70,54	91,39
TiO ₂	0,04	0,10	0,54	0,04	0,04	0,08	0,13	0,16	0,27	0,53	0,05	0,03	0,04	0,00	0,01	0,47	0,40	0,34	0,24	0,09	0,17	0,93	0,05	0,08	0,03
Al ₂ O ₃	27,99	26,89	10,58	30,85	30,24	13,09	31,98	29,40	21,62	21,72	32,48	30,46	32,10	31,02	32,65	9,02	8,92	15,17	8,14	2,02	6,92	2,67	0,69	0,92	0,80
Cr ₂ O ₃	0,16	0,11	0,64	0,05	0,04	0,19	0,17	0,12	0,30	0,12	0,11	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,32	0,15	0,02	0,11	0,08	0,05	0,03	0,00
FeO	5,59	2,32	7,31	1,74	1,79	7,27	0,85	1,16	4,68	2,84	1,23	1,08	1,08	2,83	1,32	6,42	8,50	0,66	0,63	0,90	0,36	0,97	0,59	13,62	1,64
MnO	0,11	0,13	0,61	0,01	0,03	0,09	0,08	0,01	0,14	0,61	0,09	0,03	0,04	0,05	0,00	0,03	0,03	0,21	0,11	0,11	0,05	0,05	0,03	0,14	0,05
MgO	5,45	0,96	7,35	0,93	1,13	3,89	0,52	0,70	1,90	4,76	2,32	0,65	0,07	0,41	0,57	29,12	29,03	6,15	2,77	0,10	4,88	1,64	0,26	0,18	0,08
CaO	11,22	11,03	14,25	15,58	16,05	15,23	8,16	14,82	15,39	13,41	16,58	15,91	16,92	9,01	16,52	2,38	0,73	8,19	5,84	10,51	4,61	2,15	0,48	11,45	1,55
Na ₂ O	2,65	5,07	2,09	3,49	2,84	2,16	7,83	2,98	2,42	4,46	2,18	3,47	2,95	8,61	2,74	7,19	7,61	3,10	1,99	4,81	1,36	0,66	0,34	1,30	0,28
K ₂ O	0,04	0,08	0,04	0,16	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,00	0,18	0,20	0,45	0,09	0,23	0,06	0,01	0,01	0,07	0,05	0,03	0,01	0,02	0,01
P ₂ O ₅	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01
Сумма	102,60	101,81	101,52	100,56	100,12	100,18	98,50	99,49	98,57	102,68	103,90	99,56	101,82	95,99	101,40	102,56	103,76	97,39	96,80	99,01	100,83	100,78	96,84	98,28	95,84
Ап	69,80	54,30	78,90	70,55	75,50	79,30	36,40	73,10	77,70	69,20	80,90	71,00	75,30	35,95	76,50	15,35	5,00	59,36	Кварц-нормативные стекла						
Аб	29,85	45,20	20,80	28,55	24,20	20,40	63,30	26,65	22,10	37,50	19,10	28,05	23,70	62,05	23,00	82,85	94,60	40,65							
Ог	0,35	0,50	0,30	0,90	0,30	0,30	0,30	0,25	0,20	0,30	—	0,95	1,00	2,00	0,50	1,80	0,40	—							

Примечание: * Анализы плагиоклаза. ** В скобках — количество анализов плагиоклаза и стекол по хондре.

Таблица 14

Химический состав плагиоклаза в литических хондрах разных структурных типов, мас. %

Оксид, минерал	К-18(3)*	К-186	К-126(2)		К-19a(2)	К-19"К"(2)	К-25a(2)	К-6(5)			
SiO	47,91	50,22	50,59	50,13	50,94	49,17	47,92	51,71	52,70	50,07	51,36
TiO ₂	0,03	0,17	0,04	0,05	0,24	0,13	0,04	0,25	0,06	0,17	0,07
Al ₂ O ₃	34,06	28,00	28,57	29,77	22,47	25,47	31,42	24,28	28,12	23,87	28,21
Cr ₂ O ₃	0,02	0,11	0,06	0,06	0,15	0,18	0,03	0,30	0,06	0,17	0,04
FeO	1,06	1,50	1,97	1,59	1,44	2,42	1,19	1,61	0,70	1,76	1,34
MnO	0,00	0,07	0,01	0,03	0,07	0,08	0,00	0,13	0,06	0,10	0,04
MgO	0,26	1,83	0,60	0,16	8,80	7,30	0,45	5,30	0,92	6,03	1,19
CaO	17,65	14,87	12,95	13,88	15,70	12,94	16,16	12,30	13,25	12,37	14,03
Ma ₂ O	1,96	3,91	4,70	4,38	2,82	3,08	3,23	4,46	3,92	3,18	3,55
K ₂ O	0,05	0,11	0,09	0,06	0,08	0,07	0,15	0,08	0,02	0,28	0,05
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сумма	103,00	100,79	99,59	100,14	102,73	100,84	100,59	100,42	99,75	98,00	99,88
Ап	83,10	67,50	60,10	63,45	75,10	69,80	72,80	60,10	65,05	67,00	68,40
Аб	16,60	32,00	39,40	36,35	24,40	29,90	26,40	39,35	34,80	31,20	31,35
Ог	0,30	0,50	0,50	0,30	0,50	0,30	0,80	0,55	0,15	1,80	0,25

Примечание: * Количество анализов плагиоклаза по хондре.

ных и литических хондр в целом отличаются по гомогенности (равновесности, значения PMD), капельные хондры по этим минералам очень неравновесные, в то время как литические хондры сравнительно гомогенные и более равновесные. 2. Наиболее неравновесными среди капельных хондр являются PO, POP и PP хондры, а наиболее равновесными — микропойкилитовые разновидности GOR хондр. 3. Для литических хондр равновесность хондр обоих типов, вероятно, одинакова. Данные табл. 3 хорошо согласуются с оценками скоростей остывания хондр разных структурных типов [Nagahata, 1983].

Высококальциевые моноклинные пироксены (от >5 до 46,2 мол.% Wo) встречаются почти во всех исследованных хондрах. Образуют в основном тонкие (до 10 мкм толщиной) каемки на кристаллах оливина, ортопироксена и низкокальциевого клинопироксена, реже — мелкие ксеноморфные зерна и дендритоподобные скопления в стеклах (особенно зернистых) хондр и межплоскостные сростки с ортопироксеном или промежуточные пластинки в RP хондрах. Микроскопически эти морфологические типы моноклинных пироксенов не наблюдались, а были обнаружены при микрозондовых исследованиях в режиме сканирования.

Составы высококальциевых моноклинных пироксенов приведены в табл. 11 и 12 и на рис. 6. Четких тенденций изменений состава со структурным типом хондр эти пироксены не показывают. Главным минералом во всех хондрах является магнетальный авгит (маложелезистый), в единичных случаях — диопсид (в ряде хондр POP и RP) и бедный кальцием авгит (GOR) (рис. 6, табл. 11, 12). Названные минералы также свойственны хондрам обыкновенных хондритов [Барышникова и др., 1985; Барышникова и др., 1986] и хондрита Allende [Лаврухина и др., 1987].

Кроме этих минералов, в некоторых POP и GP хондрах хондрита Каинсаз при микрозондовых исследованиях обнаружены жадеит и жадеитовые пироксены (табл. 11) [Барышникова и др., 1990], ранее не отмечавшиеся в метеоритах, а также ферроавгит и геденбергит (рис. 6, табл. 11, 12). Жадеит и клинопироксены, содержащие жадеитовую компоненту ($NaAlSi_2O_6$), наблюдаются в виде очень тонких (<0,01 мм) каемок на крупных кристаллах оливина или ортопироксена в POP хондре K—4 и GOR (микропойкилитовой) хондре K—10. Характерны заметные вариации состава жадеита и жадеитового пироксена в пределах одной хондры и между отдельными хондрами, особенно, по содержанию FeO, MgO и CaO (табл. 11).

Для ферроавгита и геденбергита, встреченных в виде мелких отдельных зернышек в стекле литической микропорфировой OI—Px хондры K—186 и мелких кристаллов в капельных С и сложной хондрах (K—12, K—28), определены также варьирующие составы почти по всем элементам, в зависимости от структуры хондры и минеральных ассоциаций. Например, для хондр K—12 и K—28 характерна ассоциация со стеклами кварц-нормативного состава (табл. 13).

Стекла и плагиоклазы входят в состав основной массы капельных PO, POP, PP, BO, GO и GOR хондр и литических микропорфировых и зернистых хондр, слагающая ее целиком (стекла) или в ассоциации с низко- и высококальциевыми пироксенами и оливином (плагиоклазы).

В капельных хондрах всех типов встречаются главным образом стекла разной степени дезитрификации полевошпатового состава, реже — плагиоклазы (в одной POP хондре K—23) и стекла кварц-нормативного состава (в С хондрах и сложной хондре K—28). Стекла имеют смешанный, варьирующий в пределах отдельной хондры и между хондрами, состав, вне зависимости от структурного типа хондры, за исключением криптокристаллических, стекляных и сложной хондр (табл. 13). Состав полевошпатовых стекол в POP, PO, PP, GO и GOR хондрах варьируется от Al_2O_3 35,95 до Al_2O_3 80,9, изменяясь от хондры к хондре на ~45 мол.%, в пределах же индивидуальной хондры изменения меньше, от 5 до 30—35 мол.% Al_2O_3 . Большинство стекол в пределах отдельных хондр негетогенны также по содержаниям Al_2O_3 , TiO_2 , CaO, FeO и MgO. Для стеклянной хондры K—22 характерен альбитовый состав стекла Al_2O_3 5—15, а в сложной и С хондрах определены обогащенные SiO_2 кварц-нормативные стекла: в сложной хондре такое стекло составляет доминирующую фазу основной массы, а в криптокристаллических хондрах оно сосуществует с типичным полевошпатовым стеклом (табл. 13). Состав плагиоклаза в хондре K—23 (POP) характеризуется относительной гомогенностью Al_2O_3 70,5—74,5 (табл. 13), постоянны значения и для Al_2O_3 , FeO, CaO, SiO_2 .

Для литических микропорфировых оливин-пироксеновых и зернистых оливиновых и оливин-пироксеновых хондр характерно присутствие только кристаллической фазы — плагиоклаза, значительно менее варьирующего состава, чем стекла в капельных хондрах, и более анортитового. Вариации состава от хондры к хондре не превышают 23 мол.% Al_2O_3 , а в пределах хондры — 3,5—8 мол.% Al_2O_3 , то же относится и к другим элементам (табл. 14). Т.е. плагиоклазы в литических хондрах также более гомогенные, как оливин и пироксены, чем стекла, оливин и пироксены в капельных хондрах.

Ассоциации непрозрачных минералов и фосфорсодержащих фаз в хондрах хондрита Каинсаз описаны ранее [Лаврухина и др., 1987; 1989].

Выводы

Сравнение наших и литературных [Барышникова и др., 1987; 1990; Дьяконова, 1964; Чирвинский, Ушакова, 1946; Baryshnikova et al., 1983; King, King, 1978; Kring, Wood, 1987; McSween, 1977; McSween et al., 1983; Rubin et al., 1985; Rubin, Wasson, 1988] данных по составу минералов в хондрах разных минерально-структурных типов углистых хондритов Каинсаз, Colony и ALHA 77303 с таковыми для хондр обыкновенных неравновесных хондритов [Барышникова, Лаврухина, 1982; Барышникова и др., 1986; Gooding, 1979] и углистого хондрита Allende CV [Лаврухина и др., 1987; Oslen et al., 1974; Simon, Haggerty, 1979] позволило сделать следующие выводы:

1. Хондрит Каинсаз, наряду с CO хондритами Colony и ALHA 77303, по петрологическим свойствам является нормальным CO хондритом, одним из наименее метаморфизованных членов группы CO, о чем свидетельствуют малые раз-

меры хондр и узкое мономодальное их распределение по размерам, высокая пропорция обогащенных металлом хондр, модалное количество матрицы и широкое распределение составов оливина и низкокальциевых пироксенов в хондрах. Судя по значениям РМД для оливинов и пироксенов (93,3 и 79,4, соответственно), хондрит Каинсаз по степени уравновешивания не отличается от хондрита Colony (94,4 и 72,8, соответственно). Оба хондрита относятся к подгруппе восстановленных СО хондритов.

2. По разнообразию структурных типов хондр хондрит Каинсаз, в отличие от хондрита Allende CV, подобен обыкновенным хондритам, но распространенность хондр разных структурных типов несколько иная, хондры редких типов менее распространены. Те же свойства характерны для хондр хондрита Colony.

3. Для микропорфировых хондр хондрита Каинсаз, так же как хондрита Colony, характерно хорошо выраженное бимодальное распределение составов оливина (Fa 0,6—20,3 и 30—40) и присутствие оливина состава Fa 50—68, что четко отличает хондры этого типа от таковых в обыкновенных хондритах и хондрите Allende.

4. В отличие от хондр хондрита Allende, в хондрите Каинсаз, так же как в хондрах обыкновенных хондритов и хондрита Colony, присутствуют пироксеновые хондры разных структурных типов. Среди низкокальциевых пироксенов преобладают ортопироксены.

5. Отличительным свойством некоторых POP и CO хондр хондрита Каинсаз является нахождение в них жадеита и жадеитовых пироксенов, которые отсутствуют в хондрах хондритов других типов, за исключением хондрита Индарх ЕН4. Обнаружение жадеита и жадеитовых пироксенов имеет принципиально важное значение для определения условий образования хондр, в которых они присутствуют. По аналогии с земными жадеитами можно предположить, что хондры, содержащие эти минералы, или претерпели метасоматическое изменение, или подверглись ударному воздействию до аккреции.

6. Стекла хондр хондрита Каинсаз менее гомогенны (An 35,9—80,9), чем хондры хондрита Allende (An 75—98), но относительно гомогенны по сравнению со стеклами из хондр обыкновенных хондритов (An 10—77).

7. Часть зональных микропорфировых хондр в хондрите Каинсаз, сложенные в центральной части магнезиальным оливином, а на периферии ортопироксеном и железистым оливином, вероятно, можно отнести к хондрам с каемками, т.к. зоны отличаются по составу. Периферические зоны или каемки могли быть сформированы в период повторных высокотемпературных процессов хондрообразования, что отражает гетерогенные условия в облаке. Обогащенные Fe и Ca каемки являются более окисленными, чем магнезиальные сердцевинки, что требует увеличения f_{O_2} со временем.

8. Обогащенных Ca и Al хондр в хондрите Каинсаз не встречено.

На основании всего вышесказанного очевидно, что хондры хондрита Каинсаз по своим свойствам занимают промежуточное положение между хондрами неравновесных обыкновенных хондритов и хондрита Allende. Можно предположить, что хондры хондрита Каинсаз образовались в Р, Т условиях и имели скорости остывания, отличающиеся от таковых для этих хондритов. Причем, незначительная доля POP и COR хондр (с жадеитом) до аккреции были подвергнуты метаморфическому изменению, а некоторые хондры (с каемками) находились в условиях повторяющихся высокотемпературных событий и различных окислительно-восстановительных условий.

Статья поступила в Комитет
по метеоритам в октябре 1990 года

Литература

- Бариллякова Г.В., Лаврухова А.К. О классификации хондр обыкновенных хондритов // Геохимия. 1982. № 4. С. 490—503.
- Бариллякова Г.В., Стихеева С.А., Ивашко К.И., Лаврухова А.К. Пироксены обыкновенных хондритов Н- и L-групп // Геохимия. 1985. № 1. С. 20—34.
- Бариллякова Г.В., Стихеева С.А., Ивашко К.И., Лаврухова А.К. Составы минералов в хондрах разных структурных типов из обыкновенных хондритов // Метеоритика. 1986. Вып. 45. С. 62—84.
- Бариллякова Г.В., Стихеева С.А., Лаврушова З.А. и др. Хондры хондрита Каинсаз СО: составы минералов, их ассоциации и сравнение с хондрами хондрита Allende CV и обыкновенных хондритов // Тезисы докл. XX Всесоюз. метеоритн. конф. 1987. Издательство ГЕОХИ. С. 120—122.
- Бариллякова Г.В., Ивашко К.И., Лаврухова А.К. Жадеит и жадеитовые пироксены в хондрах хондритов Каинсаз СО и Индарх ЕН4 // XXI Всесоюз. Метеоритн. конф., 24—26 апреля 1990 г. г. Миасс. Тезисы докладов. 1990. С. 20—21.
- Дьяконова М.Н. химический состав семи каменных метеоритов коллекции Комитета по метеоритам АН СССР // Метеоритика. 1964. Вып. 25. С. 129—133.
- Лаврухова А.К., Бариллякова Г.В., Стихеева С.А., Ивашко К.И. Составы и ассоциации минералов в хондрах разных минерало-структурных типов из углистого хондрита Allende CV // Метеоритика. 1987. Вып. 46. С. 11—24.
- Лаврухова А.К., Стихеева С.А., Бариллякова Г.В. и др. Фосфоросодержащие фазы в хондрах хондрита Каинсаз // XX Всесоюз. Метеоритн. конф. 10—12 февраля 1987 г. Таллин. Тезисы докладов. С. 122—123.
- Лаврухова А.К., Стихеева С.А., Лаврушова З.А., Ивашко К.И. Особенности состава Fe, Ni-фазы в хондрах хондритов разных химических групп // Метеоритика. 1989. Вып. 48. С. 35—53.
- Селиванов Л.С. О падении каменного метеорита Каинсаз // ДАН СССР. 1938. Т. XX, № 4. С. 263—264.
- Стихеев Ю.И., Бариллякова Г.В., Лаврухова А.К. Размеры хондр и содержание в них металла (метеориты Саратов, Никольское, Bjurböle, Еленовка) // Метеоритика. 1973. Вып. 32. С. 103—111.

- Чирюков П.Н., Ушаков З.Г. Химико-петрографическое исследование черного хондрита Каинсаз падения 13 сентября 1937 // Метеоритика. 1946. Вып. 3. С. 25—36.
- Baryshnikova G.V., Stakheev Yu.I., Rukhman G.G., Laurukhina A.K. Petrography, morphology and distribution of sizes of the chondrules from the Kainsaz carbonaceous chondrite (C30) // Lunar Planet. Sci. XIV. 1983. P. 21—22.
- Cooding I.L. Petrogenetic properties of chondrules in H-, L- and LL-group chondritic meteorites: Ph. D. Diss. Univ. New Mexico. Albuquerque. 1979. 392 p.
- King T.V.V., King E.A. Grain size and petrography of C2 and C3 carbonaceous chondrites // Meteoritics. 1978. Vol. 13. № 1. P. 47—72.
- Kring D.A., Wood J.A. Fe, Ca-rich and Mg-rich chondrule rims in the Kainsaz (CO₃) chondrite: evidence of fluctuating nebular conditions // Meteoritics. 1987. V. 22. N 4. P. 432. Kracher A., Scott E.R.D., Keil K. Relict and other anomalous grains in chondrules: implications for chondrule formation // J. Geophys. Res. 1984. V. B89, Suppl. P. 559—566.
- McSween H.Y. Carbonaceous chondrites of the Ornans type: a metamorphic sequence // Geochim. et Cosmochim. acta. 1977. Vol. 41. N 4. P. 477—491.
- McSween H.Y. Jr., Fronaburger A.K., Driese S.G. Ferromagnesian chondrules in carbonaceous chondrites // In Chondrules and their origins (ed. E.A. King). 1983. Lunar and Planet. Inst. Houston. P. 195—210.
- Nagahara H. Evidence for secondary origin of chondrules // Nature. 1981. V. 292. N 5819. P. 135—136.
- Nagahara H. Texture of chondrules // Mem. Nat. Inst. Polar. Res. 1983. Spec. Issue. N 30. P. 61—83.
- Nagahara H., Kushiro I. Petrology of chondrules, inclusions and isolated olivine grains in ALH-77307 (CO₃) chondrite // Mem. Nat. Inst. Polar. Res. 1982. Spec. Issue N 25. P. 66—77.
- Osborn T.W., Warren R.G., Smith R.H. et al. Elemental composition of individual chondrules from carbonaceous chondrites, including Allende // Geochim. et Cosmochim. acta. 1974. Vol. 37, N 4. P. 1350—1378.
- Rimbaldi E.R. Relict grains in chondrules // Nature. 1981. V. 293. N 5833. P. 558—561.
- Rubin A.E., James J.A., Keck B.D. et al. The Colony meteorite and variations in CO₃ chondrite properties // Meteoritics. 1985. Vol. 20. N 2. P. 175—195.
- Rubin A.E., Wason J.T. Chondrules and matrix in the Ornans CO₃ meteorite: Possible precursor components // Geochim. et Cosmochim. acta. 1988. Vol. 52. N 2. P. 425—432.
- Sears D.W., Grossman J.N., Melcher C.L. Chemical and physical studies of type 3 chondrites - I: Metamorphism related studies of Antarctic and other type 3 ordinary chondrite // Geochim. et Cosmochim. acta. 1982. Vol. 46. N 12. P. 2471—2481.
- Simon S.B., Haggerty S.E. Petrography and olivine mineral chemistry of chondrules and inclusions in the Allende meteorite // Proc. 10th Lunar and Planet. Sci. Conf. Houston. 1979. P. 871—883.