

Н. Н. ЧИРВИНСКИЙ и З. Г. УШАКОВА

**ХИМИКО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕРНОГО
ХОНДРИТА КАНИСАЗ ПАДЕНИЯ 13 сентября 1937 г.****ВВЕДЕНИЕ**

Обстоятельства падения, по Л. С. Селиванову, рисуются в следующем виде [1].

Падение крупных экземпляров каменного метеорита произошло 13 сентября 1937 г., в 14 час. 30 мин. по времени третьего пояса. Место падения — близ колхоза Канисаз, Муслюмовского района, Татарской АССР. Болит с коротким огненным хвостом пролетел в направлении на северо-запад.

Найденные осколки были рассеяны на поверхности вытянутого в направлении северо-запад эллипса с осями длиной около 40 и 7 км. Наибольший прекрасно сохранившийся осколок около 102,5 кг (рисунок см. «Метеоритика» вып. I, вклейка между стр. 120—121, на табл. 5—7) упал в с. Канисаз (55°26' с. ш. и 32°55' в. д. от Пулково) — крайней северо-западной точке эллипса, а наименьший, размером в орех, — в противоположной его точке, близ д. Костеево. Между этими пунктами был найден, кроме того, ряд меньших осколков весом 53 кг (Канисаз), 27,5 кг (Танг-Елга), 22 кг (Красный яр) и др.; всего найдено 15 осколков общим весом 200 кг.

Главные куски метеорита поступили, с одной стороны, в Метеоритный отдел (ныне Комитет по метеоритам — КМЕТ) АН СССР, с другой — в Геолого-минералогический музей Казанского университета [3]. Хороший фотографический снимок Академического собрания с метеорита Канисаз помещен в статье Л. С. Селиванова [1] и в популярной заметке о метеоритах Е. Л. Кринова [2]; плохой снимок двух глыб Казанского университета дан в заметке Б. В. Селивановского и С. Г. Каштанова «Геолого-минералогический музей Казанского государственного университета» [3].

Благодаря любезности заведующего кафедрой минералогии проф. Л. М. Миропольского и его ассистента Б. А. Успенского, ездившего на сборы метеоритов, Чирвинский получил материал из минералогического кабинета Казанского университета при письме Б. А. Успенского, следующего содержания (письмо от 6 октября 1937 г.):

«Посланный Вам осколок взят от метеорита весом 53 кг. Метеорит этот упал в 2 км от деревни Канисаз, Муслюмовского района, Татарской республики, 13 сентября 1937 г., в 14 часов 15 минут. Всего в этом районе найдено 4 больших метеорита: 1-й весом 101 кг отправлен в Академию Наук, 2-й весом 53 кг, 3-й весом 27,5 кг, 4-й весом 22 кг. Второй и третий доставлены в Казань; 4-й пока остался в Муслюмовской школе.

Кроме упомянутых 4 больших метеоритов в районе упало большое количество мелких метеоритов. Нам было собрано 9 таких метеоритов из разных мест.

Во время своей поездки я нанес на карту (четырёхверстку) места падения метеоритов. Получилась при этом следующая картина: метеориты падали по одной линии с северо-запада на юго-восток... Мною эта линия прослежена километров на 30—35; если продолжить эту линию, то она пройдет несколько восточнее города Белебея, где, по газетным сведениям, упал также метеорит больших размеров... Отсюда, повидимому, можно заключить, что Татарский метеорит есть только оторванная часть, а главная масса пролетела в район Белебея...

В Белебей поехал сотрудник Академии Наук Л. С. Селиванов, с которым я встретился в Муслимове и совместно ездил на место падения метеоритов... Пока от него никаких сведений о Белебеевском метеорите не имею.

Детонация была слышна на расстоянии до 130 км. Найденные осколки были рассеяны по поверхности вытянутого в направлении на северо-запад эллипса с осями длиной около 40 и 7 км.

«Могу отметить одну закономерность, которая выявилась при нашем обследовании. Упавшие метеориты расположились по строго убывающей величине... Первым упал самый большой, затем следующий по величине и так далее, и в крайней точке, куда мы доезжали, упали самые маленькие метеориты».

Это утверждение обратно тому, которое мы имеем в статье и письме (см. ниже) Селиванова: метеорит, по Селиванову, летел с юго-востока на северо-запад, а не наоборот. Тогда и в распределении по крупности осколков будет та же картина, как это отмечено для ряда случаев каменных дождей: можно указать при этом на дожди [4, 5] Khairpur, Homestead, Hesse, Mocs и др.

Для большей уверенности в начале 1940 г. были написаны запросы Селиванову и Успенскому. Ответ Селиванова от 3 марта исчерпывает вопрос и гласит дословно следующее:

«Судя по данным, собранным Б. А. Успенским и мною при поездке в районе Муслимова, а также по материалу, который собрал я один в районе Белебей — Туймаза, направление полета было с юго-востока на северо-запад, как и сообщается в моей заметке, а не наоборот. Предположение об обратном направлении возникло у нас в начале поездки, когда были найдены большие осколки в районе Каинсаза и предполагались еще большие (судя по слухам) в районе Белебей. Позднее, а в особенности тогда, когда моя поездка в Белебей с несомненностью установила, что никакого падения там не было, я убедился, что дело обстоит именно так, как это описано в моей заметке в ДАН. Это подтверждается также всем материалом — находками и опросами, собранными в Татарии. Б. А. Успенскому данные моей последней поездки (в Башкирию), повидимому, остались неизвестными, благодаря чему, он, вероятно, и остался при своем первоначальном мнении. Весь собранный мною материал, включая и белебеевский, из которого следует, что там видели тот же самый болид, который упал в Татарии, в настоящее время уже сдан в печать в первый выпуск сборника, который издаст Комитет по метеоритам АН СССР. В нем будет помещена заметка Н. Н. Сытинской, которая вычислила орбиту по собранным мною данным. Других напечатанных данных по метеориту Каинсаз нет (если не считать короткую заметку в «Nature», 1938, vol. 142, p. 623, повторяющую то, что было сообщено в «Докладах»). Что касается дальнейшего изучения этого метеорита, то работа по нему в Комитете по метеоритам ведется».

В своем ответном письме от 5 марта 1940 г. Б. А. Успенский сообщает, что его прежнее мнение о направлении полета ошибочно; он вполне согласен по ряду причин с мнением Селиванова. Местные жители единогласно утверждают, что звук, сопутствовавший падению, удалялся не в северо-западном, а в юго-восточном направлении. Эта aberrация, однако, и должна была быть, ибо скорость звука в воздухе во много раз

меньше скорости полета метеорита, служащего источником этого звука.¹

В заключение Успенский сообщает, что петрографическое исследование метеорита ведется и что в его распоряжении имеется химический анализ и много микрофотографий.

Из сказанного ясно, что данным метеоритом занялись, по крайней мере, в трех местах, отчего в итоге могут получиться достаточно полные о нем сведения.

ПЛАНИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования у нас был материал в виде большого куска: максимальные поперечники $15 \times 10 \times 3.5$ см. Из этого куска были изготовлены 8 шлифов и один аншлиф, из которых аншлиф и 4 шлифа сделаны в Кировске и 4 шлифа — в Ленинграде.

При изготовлении шлифов шлифовальный мастер А. Г. Захваткин в Кировске не жаловался на трудность изготовления шлифов, препарат же геологического кабинета Ленинградского университета А. Ф. Рихтер говорил, что шлифы готовить было очень трудно, что они «пучатся», хондры выкрашиваются, шлифы расползаются. Так или иначе, шлифы получены в обоих случаях хорошие, но у Рихтера они, как всегда, оказались гораздо большего формата, чего, конечно, гораздо труднее достичь, если не поступаться качеством.

Захваткин старался обходиться без воды, употребляя глицерин, причем шлифы у него имели толщину около 0.02 мм. Все компоненты свежие, что особенно важно для железа, часто окисляющегося во время процесса изготовления шлифов. Выкрашивания не видно, что важно для надежности микрометрических определений. Полировка аншлифа, им сделанного, не была совершенной, что, вероятно, объясняется главным образом тем, что этому мешало сравнительно мягкое цементирующее вещество метеорита, которого в нем много. Метеорит относится к группе черных хондритов (schwarze Chondrite, Cs). Эта группа вообще говоря, редкая. Сюда, например, относятся Barratta (находка 1845 и 1889 гг.), Farmington (падения 25 июня 1890 г.). В обоих этих метеоритах свободного пылеистого железа, в отличие от метеорита Каинса, немного. Мало его и в урейлите (Новоурейском метеорите), содержащем, кроме углистого вещества, также алмаз.

Кора плавления

Никаких особенностей кора не представляет. Связана она с массой метеорита плотно. Цвет черный. Для невооруженного глаза кажется матовой, неблестящей. При рассматривании ее в микроскоп блеск, однако, замечается. Напоминает он блеск кокса. В коре имеются тонкие контракционные трещины. Толщина коры в нашем образце обычно 0.09—0.15 мм. Под микроскопом в шлифе кора черна, непрозрачна, бесструктурна.

¹ Поскольку звуки вызываются баллистическими волнами, почти цилиндрическими, всегда можно найти такое расположение траектории, что болид будет казаться летящим в одну сторону, а звук идти в обратном направлении. Подробнее см. в статье Астаповича «О некоторых метеорных методах исследования стратосферы» («Астрономический журнал», № 1, 1939). О звуковых явлениях писал Л. А. Кулик. «Падение метеорита 24 (14) февраля 1918 г. у города Кашина» (журнал «Природа», № 4—6, 1919, стр. 271—274). См. также на русском языке О. О. Баклунд, «Природа», 1917, февраль, стр. 214 (о Богуславском метеорите); Астапович, «Физическое явление при полете метеоритов» («Мироведение», т. 23, № 3, стр. 196—215, 1934); литература — 32 названий.

Микроструктура метеорита

Структура типично хондритовая, мегаскопически мало заметная. Общий ее характер лучше всего передают микрофотографии, прилагаемые к нашей работе. Некоторые детали будут ясны при описании отдельных метеоритообразующих минералов.

Пироксены

Пироксены входят в состав хондр и встречаются в самостоятельном виде. Вот описание одной сравнительно большой хондры (1.65 мм в поперечнике) в шлифе № 1.

Состоит она из пироксена двух генераций: бесцветные и водянисто-зрачные призмочки клиноэнстатита, собранные в агрегаты, и местами тонковолокнистые участки из бесцветного же пироксена, но погруженного в светлое буроватое стекло. По этой причине весь такой участок кажется светлым, буроватым. В этой и других хондрах встречаются изредка мелкие зернышки и довольно многочисленные и неправильные выделения никельистого железа и — в еще меньшем количестве — троилита.

При сильном увеличении при скрещенных николях особенно ясно видно полисинтетическое двойниковое строение по (100) призмочек пироксена. Призмочки эти размерами 0.09×0.17 мм и меньше. В случае разрезов с очень резко выраженной полисинтетической двойниковостью по (100) и приблизительно симметрическим угасанием, последнее измеряется $19-21^\circ$. В некоторых случаях имеется прямое угасание, двойниковые пластинки тогда не заметны или чуть заметны. Это, очевидно, сечения по (100) или близкие к нему, но это не ромбическая разность (не энстатит). Двупреломление у пироксенов, вообще говоря, слабое. Однако есть у них различие: пироксены I генерации поляризуют в оттенках серого и белого цвета первого порядка, пироксены II генерации дают светложелтые тона того же порядка. Иначе говоря, вторые двупреломляют сильнее первых. С помощью компенсатора Берека двупреломление первых найдено равным 0.009 (клиноэнстатит), у волокнистых же пироксенов II генерации — до 0.011. Это уже клинобронзит, разность более богатая железом и, следовательно, несколько более легкоплавкая, чем члены ряда, более богатые магнием и в то же время менее богатые железом. При кристаллизации члены более богатые магнием должны выделяться по этой причине ранее членов, обогащенных железом. В хондрах и наблюдается такая последовательность кристаллизации: сначала клиноэнстатит, затем клинобронзит. Удлинение у того и другого пироксена всегда положительное. Угасание у волокнистого пироксена относительно удлинения до $24-26^\circ$ (так угасают наиболее ярко поляризующие волокна). Этот же угол как наибольший наблюдается у симметрично угасающих полисинтетических полосок.

Вся большая хондра охвачена пзмечивой мощности тонкой оболочкой черного вещества. Иногда в состав этой оболочки входят также самородное никелистое железо и троилит. Хондры, состоящие целиком из волокнистого пироксена, иногда смятого, встречаются в данном метеорите редко. Так, в шлифе № 5 встречены две типичные хондры. Одна кажется в проходящем свете грязно-желтоватой, другая — буроватой. Одна в поляризованном свете распадается на секторы, причем пучки волокон расходятся из двух центров, лежащих на периферии ее. В другой волокна идут более слоями. Разрезы двух пироксеновых хондр, неправильных сростков их и осколки бывают крайне тонкозернистые, мутные, серые, изредка с более прозрачной тоже пироксеновой оболочкой.

Заметим, что клинопироксены в последнее время привлекают большое внимание петрографов, ибо оказалось, что они пользуются гораздо более широким распространением в изверженных породах, чем думали еще сравнительно недавно.

Интересную сводку о них дал недавно Хенри (N. F. M. Henry) [7]. Все клинопироксены — моноклинические. Уже Лакруа (A. Lasroix) отмечает для них как характерный признак пластинчатое строение по (100) и максимум угасания 22—29°. Он же впервые доказал способность к инверсии ромбических пироксенов при нагревании около температуры плавления в клиноромбические. Уайт (W. P. White) и Боуэн (N. L. Bowen) дают такие константы: полисинтетическое строение по (100), $2V$ от 20 до 25°, для всей серии знак плюс и знак удлинения — тоже плюс. Удельный вес 3.19.

Ховой (E. O. Hovey, 1925) ошибочно считал двойниковой плоскостью не (100), а (010), что для моноклинической системы, очевидно, невозможно, ибо это плоскость симметрии.

В отличие от оливина, определить угол оптических осей удалось более или менее точно только один раз. Определение это, сделанное на федоровском столике, дало $2V = +73^\circ$.

Это тот угол, который может наблюдаться не у клинопироксенов, а у ромбических пироксенов или авгитов.

По диаграмме Винчелли [6], это теоретически почти чистый энстатит: 94 мол. % $MgSiO_3$ и 6 мол. % $FeSiO_3$. Возможно, что наряду с клиноэнстатитами попался как редкость и настоящий ромбический пироксен того же самого состава и что он возник ниже точки превращения энстатита в клиноэнстатит и обратно, т. е. при несколько более низкой температуре и более длительной кристаллизации. Такой пироксен будет лишь полисинтетического строения; следовательно, на нем легче определить угол оптических осей. По диаграмме Дира (Deer) в ряду $MgSiO_3$ диопсид-пироксен с $2V = 0^\circ$ должен иметь $\gamma : c = 30^\circ$, то же с $2V = 20^\circ$; угасание $\gamma : c = 25^\circ$. По его диаграмме, это тоже почти чистый клиноэнстатит. Что мы, действительно, имеем дело с пироксенами, очень богатыми магнием, в метеорите Канисаз, следует также из того, что общее содержание в метеорите металлического железа очень высоко; оно равняется 22.64% по весу (см. ниже). Это требование закона Прайора (G. T. Prior) корреляции между количествами магния и железа в силикатах и количественным содержанием свободного никелистого железа в хондритах. Более подробные сведения см. на этот счет в статьях Прайора и П. Н. Чиринского [10, 11].

В то же время мы встречаем и настоящий авгит. Такой пироксен встречен в той же хондре, где имеется и игольчатый пироксен в шлифе № 6 (фиг. 4). Он здесь сравнительно массивен; одиночный двойник по (100). При попытке составить себе понятие о химическом составе нерастворимой части силикатов в метеорите Канисаз, иначе говоря, наиболее реальном составе пироксенов, можно прибегнуть к такому приему: подыскать реальный химический состав силикатной части у хондритов, богатых никелистым железом, или взять реальные анализы заведомых клино-

Таблица 1

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	55.76	57.58	59.97	57.80	56.74	56.20
MgO	41.85	39.33	39.33	39.22	24.05	24.19
FeO	—	—	—	0.91	8.04	9.27
Fe_2O_3	—	0.48	0.40	—	—	—
Al_2O_3	—	—	—	2.07	5.63	4.38
CaO	3.89	2.93	—	—	3.41	3.37
K_2O	—	0.57	—	—	0.25	0.92
Na_2O	—	0.67	0.74	—	1.88	2.22
Сумма	101.50	100.69	100.44	100.03	100.00	100.48

энстатитов, изолированных из метеоритов. Это тем более необходимо, что все такие энстатиты всегда содержат такие известные количества, которые не дают оптического определения. Известно бывает не так мало, как видно из цифровых данных табл. 1.

Под № 1, 2 и 3 приведены анализы «энстатитов», изолированных из хондритов и сидеритов, под № 4, 5, 6 даны анализы нерастворимых остатков хондритов.

Температура плавления (пиконгруэнтного) клиноэнстатита ($d - MgSiO_3$), по Андерсену (Andersen) и Боуэну (Bowen), равняется 1557° . Эволюция в ряду пироксенов метеорита проще всего толковать по принципу реакционной серии Боуэна.

Оливин

Из силикатов наряду с пироксеном играет значительную роль оливин, хотя количественно он все же ему уступает (подробнее см. ниже), как того и можно было ожидать, исходя из температур плавления обоих этих минералов. Оливин — то в неправильных осколочного типа зернах, то в виде достаточно хорошо выраженных кристалликов — находится как в хондрах, так и в основной массе метеорита. Прилагаемые рисунки и микрофотографии дают об этом представление (фиг. 1 и фиг. 2 — полисоматическая оливиновая хондра). Можно думать, что имеем дело с обычной для оливина комбинацией: (100). (010). (021). (001) и некоторыми другими.

Спайность то не видна, то бывает довольно хорошо выражена по (010). На фиг. 1 видны очень тонкозернистые включения начавшегося раскристаллизовываться пироксенового стекла; оно же сбоку приросло к этому кристаллику. Там же представлено сечение комбинации граней призмы и бокового пинакоида (110). (010) в равном развитии. Появляется в этом кристаллике зональность вследствие испещренности точечными включениями стекла. Этот кристаллик вместе с двумя более неправильными зернами того же оливина выделился в мелкозернистой пироксеновой хондре (фиг. 2).

Все кристаллы оливина в шлифах бесцветны. Измерения двупреломления с помощью компенсатора Берека и углы оптических осей (то по двум, то по одной оси; в последнем случае знак позади величины этого угла) с помощью столика Федорова приводятся ниже.

	I	II
Шлиф № 5	$\gamma - \alpha = 0.035$ $2V = 88^\circ$	0.034 } измерено на 5 раз $80^\circ - 90^\circ$ } ных зернах
Шлиф № 6	$\gamma - \alpha = 0.036$	$2V = +80^\circ$
Шлиф № 7	$\gamma - \alpha = 0.034$	$2V = -86^\circ$
Шлиф № 8	$\gamma - \alpha = 0.035$	$2V = -86^\circ$

Как известно, оптические константы, особенно величины углов оптических осей, допускают лишь приблизительное суждение о химическом составе соответствующих членов оливинового ряда. Лучшей работой по оптике оливинов в связи с составом является труд О. О. Баклунда

Таблица 2

	α	β	γ	$\gamma - \alpha$	$2V$ вычис.	Mg_2SiO_4 (мол. %)	$(Fe, Mn)_2SiO_4$ (мол. %)	FeO (вс. %)	MnO (вс. %)
1. Форстерит (Урал)	1.6351	1.6519	1.6698	0.0337	$92^\circ 8'$	99.88	0.12	0.22	—
2. Оливин (Windisch)	1.6507	1.6669	1.6856	0.0349	$93^\circ 16'$	$92^\circ 64'$	7.36	7.33	—
3. Оливин (Kosakov)	1.6526	1.6691	1.6884	0.0358	$93^\circ 34'$	90.52	9.48	9.10	0.14
4. Оливин (Karfenstein)	1.6533	1.6705	1.6887	0.0354	$90^\circ 46'$	90.43	9.57	9.38	—

[13], которым мы здесь и воспользуемся для некоторых сопоставлений. Приводим оптику и состав четырех оливинов из земных пород, у которых двурезломление оказалось близким к найденному нами (табл. 2 и анализы к ней).

В табл. 2 приводятся данные для оптически положительных оливинов, ибо острой бисектрисой у них является ось γ .

Химический состав этих оливинов под теми же номерами:

	1	2	3	4
SiO ₂	40.11	41.63	41.25	40.77
MgO	57.73	51.44	49.38	48.56
FeO	0.22	7.36	9.10	9.25
MnO	—	—	0.16	—
Fe ₂ O ₃	1.12	—	—	—
Al ₂ O ₃	—	—	—	1.03
	99.40	100.43	99.89	99.61

В форстерите с Урала (№ 1) 1.12% окиси железа, надо думать, образовалось за счет окисления закиси железа, входившей в молекулу оливина. Если обратиться к величинам оптических осей, то цифровые данные для наших оливинов мало полезны.

Дело в том, что Баклунд доказал следующее положение: величина углов оптических осей слабо реагирует на изменения химического состава, при недостаточном точном измерении углов оптических осей. Тем более нельзя добиться достоверной корреляции. На кривой Баклунда точка $2V_{\alpha} = 90^{\circ}$ отвечает приблизительно содержанию 120 мол. % Fe₂SiO₄ или 18% вес. FeO.

Относительно оптических знаков оливина, первый из нас для оливина получал почти всегда плюс, у второго автора находились также минусы. К сожалению, мы работали в последнее время в разных городах, и отчасти поэтому согласование оказалось невозможным. Все оливины со знаком плюс должны быть богаты магнием и бедны железом. В «Петрографии» (1934) проф. В. И. Лучицкого для химически чистого форстерита дано $2V_{\alpha} = 86^{\circ}10'$, для фаялита $2V_{\alpha} = 49^{\circ}50'$. При содержании в оливине FeO около 10% $2V = 90^{\circ}$, при FeO — около 59% (гортонолит) $2V = 62^{\circ}24'$, при 68.7% (фаялит) $2V = 49^{\circ}50'$. См. статью Винчелля [6]; график из нее приводит и В. И. Лучицкий.

В. И. Лодочников дает форстерит (0—10)% Fe₂SiO₄ ($2V = +86^{\circ}$); оливин (хризолит) (10—35)% Fe₂SiO₄ ($2V = +88^{\circ}$ до -81°). Розенбуш и Вюльфинг (Mikroskop. Physiogr., Sper. II. 1905, p. 156) дают для оливина $\gamma - \alpha = 0.036$.

Оливин	«Auvergne»	13% FeO	$2V_{\alpha} = 89^{\circ}36'$	Знак минус
»	«Yeuuv»	12.6% FeO	$2V_{\alpha} = 89^{\circ}42'$	»
»	«Hawaii»	10.3% FeO	$2V_{\alpha} = 91^{\circ}2'$	»

Таким образом, мы можем думать, что оливины метеорита Каинсаз отчасти богаты ортосиликатом магния.

Содержание в этих оливинах FeO—7—9 вес. %, иногда 12—13%. Вероятный удельный вес — около 3.3—3.4.

Перейдем теперь к вопросу о температуре плавления магнезпального оливина. Здесь можно воспользоваться статьей В. М. Гольдшмидта (V. M. Goldschmidt) [14]. Температура плавления оливина, состоящего из 90 вес. % Mg₂SiO₄ и 10 вес. % Fe₂SiO₄, по старым опытам Дельтера и И. Фогта, приблизительно, 1400°. Напротив, опыты Гольдшмидта (1926) показали, что оливин нашего состава выдерживает нагревание выше 1700° («were able to stand underlongd testes even at temperatures were able to 1700°»).

Оказалось позже, что свои опыты плавления Дельтер производил в тиглях из кварцевого стекла; следовательно, он определял температуру

плавления не оливина, а образующегося в этих условиях клинхоэстатита (MgSiO_3).

В статье Гольдшмидта есть и другое интересное для нас место, где он приводит химический анализ средней пробы в 80 тонн чистой оливиновой породы (оливинита); состав этой пробы он вычислил в 91 вес. % $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 8\% \text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 0.7\% \text{Ni}_2\text{SiO}_4 + 0.2\% \text{Mn}_2\text{SiO}_4$. В этой породе $\text{SiO}_2 - 41.81\%$; $\text{MgO} - 50.31\%$; $\text{FeO} - 5.83\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0.25\%$ и т. д. Удельный вес 3.3.

Это все, кроме никеля, подходит к тому, что мы имеем в оливине нашего метеорита. По Андерсену и Боуэну, температура плавления искусственно приготовленного химически чистого соединения Mg_2SiO_4 равняется $1890^\circ \pm 20^\circ$, т. е. значительно выше, чем у MgSiO_4 (1554°). Форстерит плавится конгруентно (т. е. без разложения), клинхоэстатит — инконгруентно (т. е. с разложением). Соответственные температуры плавления железного ортосиликата и метасиликата (Fe_2SiO_4 и FeSiO_3) ниже в первом случае, приблизительно, 1100° (Pöschl, по экстраполяции), во втором $1500^\circ - 1550^\circ$ (Stein). Цифра, по-моему, явно преувеличенная.

Плагиоклаз

Только в одном шлифе из восьми (шлиф № 6) найден в ничтожном количестве лабрадор. Он выделился мезостатически среди зерен авгита.

Ортоклаз?

В двух местах, тоже как промежуточная масса, между зернами авгита (шлиф № 6) усмотрены в ничтожном количестве розоватые в проходящем свете выделения, слабо анизотропные, с низким показателем преломления. Можно думать, что это ортоклаз, но может быть и слегка девитрифицированное стекло.

Никелистое железо

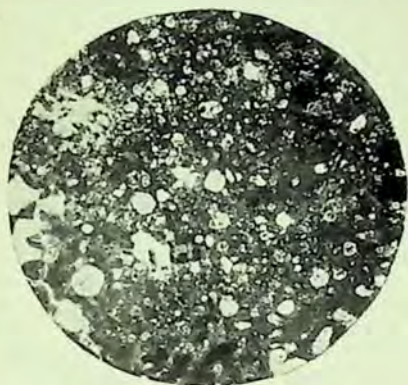
Характерной особенностью хондрита Канисаз являются резко выраженные гегерации никелистого железа по господствующим размерам: немного зерен более крупных, порядка 0.2—0.3 мм, и очень много мелких, обычно в пределах 0.03—0.06 мм. Имеются еще зерна промежуточные между теми и другими и, наконец, можно сказать, железная пыль (диаметр зерен в тысячных миллиметра), выделяющаяся преимущественно в хондрах. Иногда металлическое железо образует прерывистые оболочки вокруг хондр. Чтобы дать понятие о том, сколько приблизительно имеется в метеорите более крупных зерен железа, можно привести результат их подсчета на поверхности шлифа площадью около 4.2 кв. см. Их оказалось здесь 16, т. е. в среднем по 4 на 1 кв. см.

Хорошо то, что метеорит и сам по себе совершенно свеж, и во время приготовления шлифов окисление железа не коснулось даже в мельчайших его зернах, что облегчило его морфологическую характеристику.

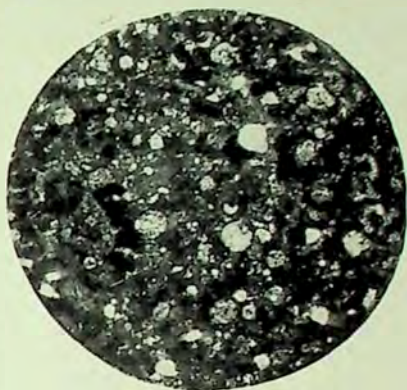
Одна идеально круглая в сечении хондра никелистого железа, поперечником около 0.3 мм, была встречена в центре оливино-пироксеновой хондры.

Троилит

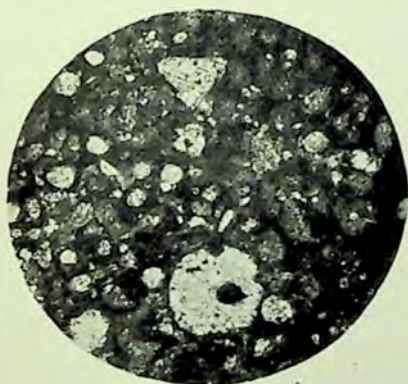
Троилита в метеорите мало. Более крупные и самостоятельные зерна его не превышают 0.10—0.12 мм. Иногда троилит, наряду с никелистым железом, является одним из компонентов смешанных хондр, особенно из числа более крупных. В данном метеорите его зерна по размерам значительно меньше. Изредка он же входит в состав оболочек хондр, представленных главным образом черным веществом, цементирующим хондры



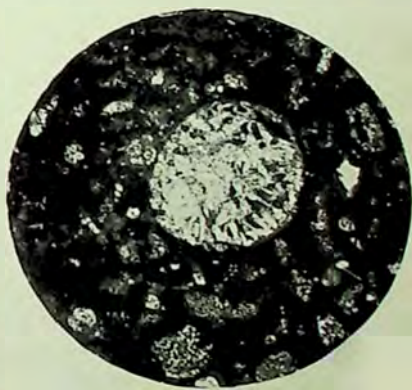
Фиг. 1. Общий вид микроструктуры метеорита Каинсаз. Обыкновенный свет $\times 10$.



Фиг. 2. То же, другое место. На рисунках хорошо видны многочисленные хондры оливины и пироксена и черная основная масса, в которую они погружены.



Фиг. 3. Бросается в глаза большая порфировидная оливино-пироксеновая хондра. В ней оливин образует мелкие вкрапления. Два железных зерна — одно внутри этой хондры, другое сбоку (на фотографии черные). Обыкновенный свет. $\times 20$.



Фиг. 4. Большая хондра в диаметре около 1.3 мм. Это пироксеновая хондра с остатками буровато-серого достаточно уже девитрифицированного (пироксенового же) стекла. В шлифе эти иглы пироксена показывают двойниковое сложение и угасают косо (до 46°) $\gamma - \alpha = 0.023$. В состав черной оболочки хондры, кроме черной «основной массы», входит также никелистое железо, частично оно вдается даже в виде черной полоски и в самую хондру. Никели скреплены.

и зерна силикатов, оставшихся не потемневшими. Малое количество троилита, может быть, объясняется наличием углистого вещества (и углеводородов), переводивших троилит в металлическое железо, увеличивая тем содержание последнего в породе.

Черное (частью углистое) вещество

Это вещество играет роль цемента контактового и порового, если пользоваться терминами Гиришвальды для цементов песчаников. Толщина каеомк контактового цемента — обычно 0.02—0.03 мм. В некоторых местах, где имеется подходящее расширение между другими компонентами (цемент пор), наблюдаются его раздувы, иногда до 0.10—0.20 мм, а один раз даже до 0.30×0.75 мм. Вещество совершенно черное, непрозрачное, в отраженном свете блестящее. По характеру блеска сечений (иначе говоря излома) можно думать, что оно мелкозернистого сложения.

Что оно мягче или рыхлее всех других составных частей метеорита, легко убедиться при рассматривании в микроскоп поверхности аншлифа; припильфованная поверхность показывает рельефную полировку, причем более углубленными являются участки цемента. При рассматривании в микроскоп наскобленного порошка графита карандаша картина очень напоминает то, что можно видеть в черном веществе метеорита — тот же блеск, та же мелкозернистость. Аналогией этой, однако, увлекаться нельзя, так как в данном метеорите, хотя цемента и много (по объему около половины), но содержание в метеорите углерода относительно мало (по анализу 0.81%). Явление «вспучивания», на которое обратил внимание препаратер Рихтер при изготовлении шлифов, может быть, указывает на то, что выделяются, особенно при нагревании, какие-то газы. При анализе, под действием нагретой соляной кислоты, освобождался какой-то газ, возможный углекислота. В бензине вытяжки углеводородов не получено. Темное вещество только очень редко запывает силикаты, всегда же служит лишь цементом. В черных углистых хондритах ряд авторов считает его за продукты переплавления вещества метеоритов.

Углерода, однако, и эти метеориты по анализам содержат немного. Если, действительно, в углистом новоурейском метеорите имеется алмаз (исследование Еремеева и Лачинова), то можно бы его ожидать встретить и в других углистых метеоритах, в том числе и в Каписазе. Микроскопически, однако, нам ничего похожего на алмаз или карборунд (муассанит) найти не удалось.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕТЕОРИТА

Он определен нами путем микрометрического исследования восьми шлифов. Приводим среднее из этих измерений:

	Об. %	Пред. колеб.	Уд. вес	Вес. %
Пироксены	29.39	22—46%	3.20	25.75
Оливин	11.62	8—15	3.30	10.50
Никелистое железо	10.74	9—14	2.70	22.64
Троилит	0.93	0.4—1.5	4.80	1.21
Черная основная масса	47.32	29—55	3.03	39.90
	100.00			100.00

Прямое определение удельного веса метеорита дало 3.653. Знание удельного веса метеорита позволило вычислить удельный вес черной основной массы, который оказался равным 3.08. Эта цифра показывает, что масса эта, вероятно, микропориста, переплавлена (стекловатая?), но в основном состоит из силикатов. В то же время в ней имеется и углерод, ибо прямым анализом в метеорите определено углерода 0.81%

в самородном виде; следовательно, в основной массе, где он только и может быть, углерода еще больше (по расчету 2.03%).

Далее химический анализ показал в нашем метеорите: S — 1.83% и Ni — 1.53%.

Если остановиться на этой цифре для серы (повидимому, она несколько завышена, хотя не исключена возможность, что сера эта как невидимая в качестве распыленного троилита или в виде связанной в основной массе не была учтена при микрометрических измерениях, ибо черная масса при учете ближе не дифференцировалась на какие-либо компоненты), то троилита должно быть 5.08%.

Железо бедно никелем, как и должно быть по закону Прайора, ибо самородного железа очень много (22.64%):

$$22.64 : 1.53 = 14.8.$$

В согласии с тем же законом мы имеем и высокое содержание окиси магния в силикатах. Данный метеорит относится к редкому типу: это *черный (углистый) клиноэнстатитовый хондрит* (Прайор) или *черный (углистый) оливино-пироксеновый, богатый самородным никелистым железом, хондрит* (Лакруа).

Метеорит этот, повидимому, богат газами, природу которых желательно ближе исследовать. Вообще в будущем желателен его полный анализ ввиду своеобразия его состава. Достаточно сказать, что содержание в нем железа превосходит даже редкий тип хондрита Daniel's Knil (Hvittis) Прайора, где никелистого железа 21.5% по весу и Fe:Ni = 11.5. Углерода в Hvittis нет. В то же время, как мы уже указывали в начале нашей работы, он отличается от других черных хондритов (Cs), в которых никелистого железа мало (Barratta, Farmington).

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Селиванов. О падении каменного метеорита Кансаз. ДАН СССР, 1938, т. XX, № 4, стр. 263—264. С 1 снимком метеорита.
L. S. Selivanov. The Kainsaz Stone meteorite of 1937. Comptes rendus (Doklady) Acad. Sci. USSR, 1938, vol. 20, pp. 263—264, Min. Mag., vol. XXV, № 165, 1939 (перевод).
2. Е. Л. Кринов. Небесные камни — метеориты. Журн. «Безбожник», 1939, № 6, июнь, стр. 12—14. То же Астр. журн. 1945, XXII, 5, стр. 315, рис. 2.
3. В. В. Селивановский и С. Г. Каштанов. Геолого-минералогический музей Казанского государственного университета имени В. И. Ульянова-Ленина «Природа», № 8, 1939, стр. 108.
4. O. C. Farrington. Meteorites, Chicago, 1915, pp. 46—47, 173—175.
5. A. Brezina. Die Meteoriten vor und nach ihrer Ankunft auf die Erde. Verein nat. Kenntn., Bd. XXXIII, 1893.
Фаррингтон и Брезина дают карточки, поясняющие распределение метеоритов разных размеров и ареал рассеяния.
6. A. M. Winchell. Studies in the pyroxene group. Journ. of Sci., vol. VI, Dec. 1923, pp. 504—520. Ряд ценных диаграмм, частью приводимых в «Петрографии» В. И. Лучинского.
7. M. N. F. Henry. A review of the data of the Mg-Fe-Clinopyroxenes. Min. Mag., vol. XXV, № 160, 1938, pp. 23—29. Здесь приведен и список литературы.
8. F. Zambonini. Die morphotropischen Beziehungen zwischen Enstatit, Diopsid, Hedenbergit, Aegirin und Spodumen. Z. Kr., Bd. XLVI, Heft 1, SS. 1—72, 1909.
9. W. A. Deer. Two new pyroxenes included in the system clinoenstatite, clinoferrosilite, diopside and hedenbergite, Min. Mag., vol. XXV, № 160, March 1938, pp. 15—22. Здесь интересна наглядная диаграмма системы $MgSiO_3$ —диопсид-hedenбергит — $FeSiO_3$ (клиноферросилит 1).
10. G. T. Prior. On the genetic relationship and classification of meteorites. Min. Mag., Nov. 1916, vol. XVIII, № 83, pp. 26—44.
11. П. Н. Чирвинский. Главные закономерности в составе крупинчатых метеоритов (хондритов). Зап. Всерос. минерал. об-ва, 2 сер., часть 68, вып. 4, 1939, стр. 580—588.

12. Cohen. Meteoritenkunde, 1894, Heft 1, S. 281, 283—284.
13. Helge Backlund. Ueber die Olivengruppe. Tr. Geol. muzeя im. Petra I Akademii Nauk, t. III, 1909, стр. 77—105.
14. V. M. Goldschmidt. Olivin and forsterite refractories in Europe. Industrial and Engineering Chemistry, Jan. 1938, vol. 30, № 1, pp. 32—34.

P. N. CHIRVINSKY and Z. G. USHAKOVA

A CHEMICAL AND PETROGRAPHICAL EXAMINATION OF THE KAINSAZ BLACK CHONDRITE

(Fall on September 13, 1937)

Summary

The circumstances attendant to the fall and finding of this meteorite have been described by L. S. Selivanov (Reports of the USSR Academy of Sciences, 1938, vol. 20, No 4, pp. 263—264).

The fall occurred on September 13, 1937, at 2. 15 p. m. according to the 3rd zone time. The main blocks (about 103 and 53 kgs in weight) fell in the vicinity of the Kainsaz village, Musliumov Region, Tartar Autonomous SSR.

A piece measuring 15×10×3.5 cm has been obtained for examination from the Mineralogical department of the Kazan University. Eight slices and one polished surface have been prepared. The general appearance of the microstructure of the meteorite as observed in transparent slices is shown in microphotographs (figs. 1—4). Besides, there are two text-figures one of which shows the porphyry disseminations of olivine, while in the other outlines of the minute olivine crystals are shown observed in more regular form in various slices.

Among pyroxenes clinoenstatite is markedly predominant. Occasionally clinobronzite has also been recorded. In one instance it was clearly discernible that it was clinoenstatite that gave rise to the first generation of crystals, since its minute crystals were embedded into the mass of the fibrous clinobronzite representing a later, second, generation. The birefringence $\gamma - \alpha$ of this clinoenstatite is 0.009, while in clinobronzite it is 0.011. The extinction angle in respect to elongation (010) attains 24—26. Augite has also been recorded in which $\gamma: c=46^\circ$ and $\gamma - \alpha=0.023$. It has been impossible to measure accurately the angle of optical axes in pyroxenes on the Fedorov table due, probably, to the fact that the prisms of these minerals are polysynthetically twin in structure, although their size allowed of such measurement.

As to olivine its optical properties have been determined on the Fedorov table, and are as follows:

Slice No	I	II
Slice No 5		
$\gamma - \alpha$	0.035	0.034) Measurements made on 80° and 90° five different grains
$2V$	88°	
Slice No 6		
$\gamma - \alpha$	0.036	
$2V$	+80°	
Slice No 7		
$\gamma - \alpha$	0.034	
$2V$	—86°	
Slice No 8		
$\gamma - \alpha$	0.035	
$2V$	—86°	

It should be noted that symbols + and —, if placed before the degree figure, denote that the angle of optical angles has been determined at the emergence points of both axes, but if the symbols stand after the degree figure then it means that the measurements have been made at one emer-

gence point of the axis and the value is, consequently, less accurate. The optical properties of the olivine do not afford the possibility to determine exactly its chemical composition, but it still may be presumed that some olivines occur containing 7 to 9 per cent of ferrous oxide (in weight), and sometimes as much as 12—13 per cent.

The nickel iron occurs in the shape of small grains: there is a small amount of grains from 0.2 to 0.3 mm in size, plenty of them range within 0.03—0.06 mm., and, finally, there occurs what might be called the iron dust (diameter of grains measuring thousands of a millimeter). Amount of troilite is very low, its grains measuring 0.10—0.12 mm. Labrador has been recorded in negligible quantities, but in one slice (No 8) it was found to occur amidst grains of augite cementing these labrador grains together. At two spots, likewise as the interstitial mass between augite grains (slice No 8) orthoclase has been detected (with question). Around the chondrules of silicates, single silicate grains and other constituents of the meteorite, the silicate cement, with an addition of carbonaceous matter (graphite), forms lining 0.02 to 0.03 mm thick, the lining swelling locally up to 0.10—0.20 mm. Once a «coaly» portion has been encountered still larger in size, 0.30×0.75 mm.

Magnetite and chromite have been found to occur in negligible quantities. Ore mineral has been described as a problematical one.

In micrometric measurement of eight slices the following results have been obtained:

	Volumetric percentage	Range limits	Specific gravity	Weight percentage
Pyroxenes	29.39	22—46	3.20	25.75
Olivine	11.62	8—15	3.30	10.50
Nickel iron	10.74	9—14	7.70	22.64
Troilite	0.93	0.4—1.5	4.80	1.21
Black groundmass (cement)	47.32	29—55	3.08	39.90
				100.00

In the direct determination of the specific gravity of the meteorite with the aid of pycnometer the obtained value was 3.653.

The determination of the specific gravity of the meteorite allowed of computing the gravity of the black groundmass which proved to be 3.08. This value shows that the mass is probably microporous, remelted (vitreous?) but is composed mainly of silicates. At the same time it contains carbon, since the direct analysis has shown that the whole meteorite contains 0.81 per cent of native carbon, and, consequently, in the groundmass, the only medium where the carbon may be present, its amount is still higher (2.03 per cent). Further, the chemical examination showed that the meteorite under consideration contains S = 1.83 per cent and Ni = 1.53 per cent. If we consider the sulphur figure (which seems to be rather high) then the troilite percentage should be 5.08. The iron is poor in nickel which is in conformity with G. T. Prior's law, since amount of iron in our instance is very high (22.64 per cent):

$$22.64 : 1.53 = 14.8.$$

In conformity with the same law is the high amount of MgO in silicates.

The meteorite under consideration represents a relatively rare type. This is black bronzite chondrite (Prior), or carbonaceous olivino-pyroxene chondrite (A. Lacroix) rich in native nickel iron. The meteorite is evidently rich in gases the nature of which should be more thoroughly studied. In future a more complete chemical analysis is desirable in view of its peculiar composition. It would suffice to point out that its iron content is even higher than in the rare type Daniel's Kuil (Hvittis) of Prior which has 21.5 per cent of iron (in weight), and Fe : Ni = 11.5. No carbon is present in Hvittis. It also differs from other black chondrites (Barratta, Farmington), since the nickel iron content of the latter is quite low.