



го спектра изоляционных материалов, мраморов, поделочных камней.

На прилегающих к Воркутскому району территориях НАО (с севера) и Тюменской области (с востока) также имеются месторождения и проявления хромитов, полиметаллов, медно-никелевых руд, флюоритов (знаменитая Амдерма), технических алмазов (Карская астроблема), разнообразных поделочных камней, яшм, мраморов, строительных материалов и др. [2].

Несомненно, что освоение уже установленных месторождений и доразведку потенциально перспективных проявлений рудного и нерудного минерального сырья целесообразно проводить, опираясь на промышленный и социальный потенциалы Воркутского геолого-промышленного района [1].

### Заключение

С учетом всего вышесказанного и для наиболее рационального решения современных проблем топливно-энергетического комплекса европейского Северо-Востока России, являющегося существенной составной частью ТЭКа всей РФ, необходимы единый проект, единый хозяйственный подход к освоению столь территориально близких природных ресурсов РК и НАО. Из этого логически вытекает необходимость слияния этих регионов в единый субъект РФ. Однако это уже вопрос политический, и его решение зависит как от волеизъявления народа, так и от позиции руководства страны.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Воркутский угленосный геолого-промышленный район: структура запасов и направление комплексного освоения /

Отв. ред. В. А. Дедеев, Ю. В. Степанов. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1994. 272 с. 2. Данилов М. А. Богатства северных недр. Архангельск, 1977. 120 с. 3. Елисеев А. И., Калинин Е. П., Куклев В. П. Печорский угольный бассейн: история, состояние, перспективы (к 80-летию открытия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейского северо-востока России: Материалы XIV Геологического съезда РК. Т. 1. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 44—48. 4. Калинин Е. П. Тимано-Печорский территориально-производственный комплекс на современном этапе // Там же. Т. IV. С. 192—193. 5. Кочурин Н. Н. Тимано-Печорский комплекс. Проблемы строительства // Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1978. 168 с. 6. Топливо-энергетический комплекс Европейского Северо-Востока: методы исследования, эффективность, направление развития. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2002. 324 с.



## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХОНДРИТОВ

К. г.-м. н.

Г. Н. Лысюк

cryst@geo.komisc.ru

Студентка СыктГУ

С. Н. Теплякова

Хондриты в настоящее время представляют собой наиболее распространенный класс метеоритов Солнечной системы и количественно преобладают среди падений. Их изучение представляет наибольший интерес, так как метеориты этой группы образовались во время или непосредственно после конденсации допланетного облака, тогда как другие формировались в процессе более поздней дифференциации их родительских тел.

Главным признаком хондритов является необычная для земных пород текстура. Она характеризуется наличием хондр (гр. chondros — зерно), составляющих до 50 % вещества метеорита. Поверхность скола хондрита обычно имеет крупчатое строение.

Хондриты сильно различаются по своей структуре — от хондритов с четко выраженной хондритовой текстурой до хондритов с реликтовой хондритовой текстурой. Первые были названы неперекристаллизованными, а вто-

рые — перекристаллизованными хондритами. Между этими крайними членами существует постепенный переход, причем исчезновение хондритовой текстуры сопровождается рядом изменений, положенных в основу определения петрологических типов хондритов, которые являются общими для всех других закономерных минеральных и химических изменений.

Существует ряд классификаций этого класса метеоритов. В классификации хондритов Ван Шмуса и Дж. Вуда они делятся по составу на пять химических групп, которым соответствуют пять классов в классификациях Г. Прайора и Б. Мэйсона: E — энстатитовые; H (высокожелезистые) — оливин-бронзитовые; L (низкожелезистые) — оливин-ги-

перстеновые; LL (очень низкожелезистые) — оливин-пижонитовые; C — углистые (см. таблицу). Метеориты групп H, L и LL называются обыкновенными хондритами [1].

Объектами наших исследований были четыре хондрита, обнаруженные в разных концах света: Allende (Мексика), Masy (США), Dhofar 224 (Оман), Shisr 010 (Оман). Метеориты, относящиеся к классу обыкновенных хондритов (Masy — L<sub>6</sub>, Dhofar 224 — H<sub>4</sub>, Shisr 010 — L<sub>6</sub>), по нашим данным, состоят из оливина, пироксена и в подчиненном количестве альбита. Матрица этих метеоритов оливин-пироксеновая перекристаллизованная (рис. 1). Оливин в породе занимает около 45 %, размер его зерен 0.03—0.5 мм. Зерна оливина имеют идиоморфную и иногда округлую форму.

Пироксен (около 50 %), представлен идиоморфными зернами размерами 0.05—0.5 мм с хорошей спайностью, иногда встречаются

Определитель химической группы хондритов (по Э. В. Собоновичу)

Группа	Fe/ SiO <sub>2</sub>	Fe <sup>0</sup> / Fe	Fe	SiO <sub>2</sub> / MgO
E	0.77±0.30	0.80±0.010	0	1.90±0.15
C	0.77±0.07	—	—	1.42±0.05
H	0.77±0.07	0.63±0.07	18±2	1.55±0.05
L	0.55±0.05	0.33±0.07	24±2	1.59±0.05
LL	0.49±0.03	0.08±0.07	29±2	1.58±0.05



тонкие игольчатые кристаллы, расположенные веером, с волнистым погасанием. Пироксен характеризуется прямым и волнистым погасанием, низкой интерференционной окраской: от светло-серого до темно-серого цвета ( $ng - np = 0.005$ ).

Наблюдается симплектитовое срастание зерен пироксена и оливина.

В метеорите Dhofar 224 матрица не перекристаллизована и сложена мелкозернистыми агрегатами оливина и пироксена. Хондры размером 0.25—

3.0 мм занимают около 40 % объема породы и выражены достаточно хорошо. В хондрите наблюдаются различные типы хондр: эксцентрически-лучистые пироксеновые (рис. 2), колосниковые оливинные (рис. 3), микропорфириновые оливин-пироксеновые.

В метеорите Dhofar 224 встречаются хондры причудливых форм — сложно-колосниковые хондры необычной конфигурации, состоящие из ламелл оливина, каждая из которых имеет свою оптическую ориентировку (рис. 4). В перекристаллизованных хондритах (Masy и Shisr 010) наблюдаются лишь реликты хондр, и встречаются они крайне редко, обычно это колосниковые и эксцентрически-лучистые образования (рис. 5).

Во всех образцах обнаружено незначительное количество рудной фазы, состоящей из хромита, троилита, камасита, тэнита. В каменных метеоритах-находках присутствует значительное количество рудного сильно окисленного компонента, что является следствием выветривания метеоритов во время на-

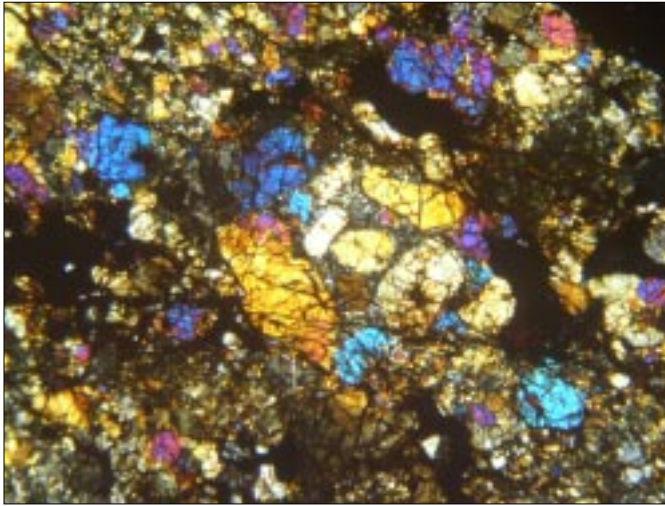


Рис. 1. Перекристаллизованная оливин-пироксеновая матрица метеорита Shisr 010 (с анализатором, ширина поля 2 мм)

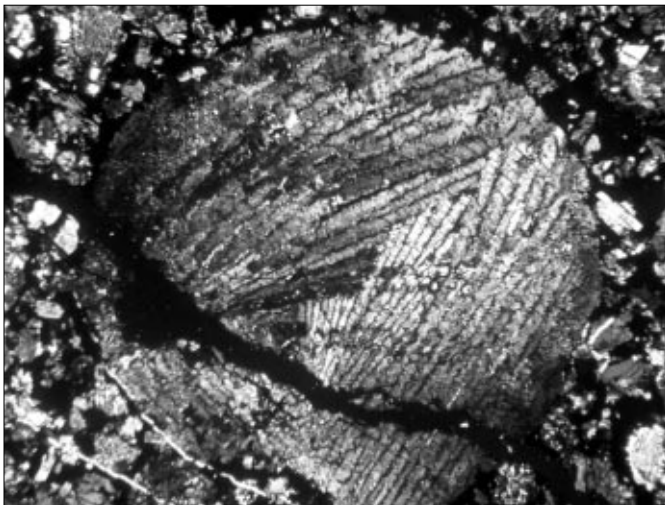


Рис. 2. Эксцентрически-лучистая пироксеновая хондра в метеорите Dhofar 224 (с анализатором, ширина поля 3.5 мм)

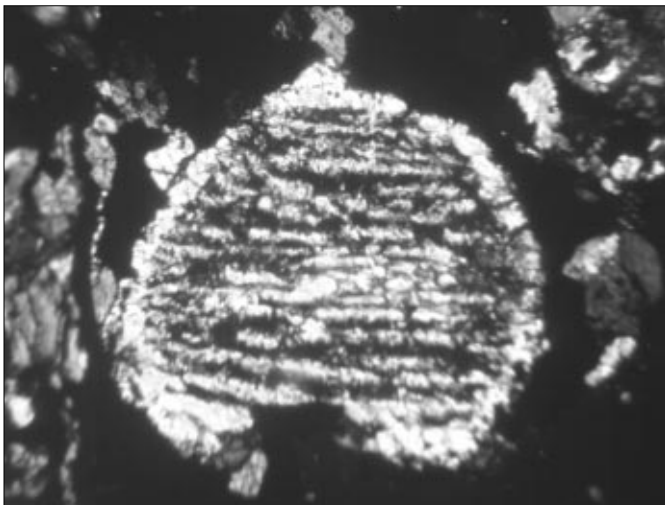


Рис. 3. Колосниковая хондра в метеорите Dhofar 224 (с анализатором, ширина поля 1 мм)

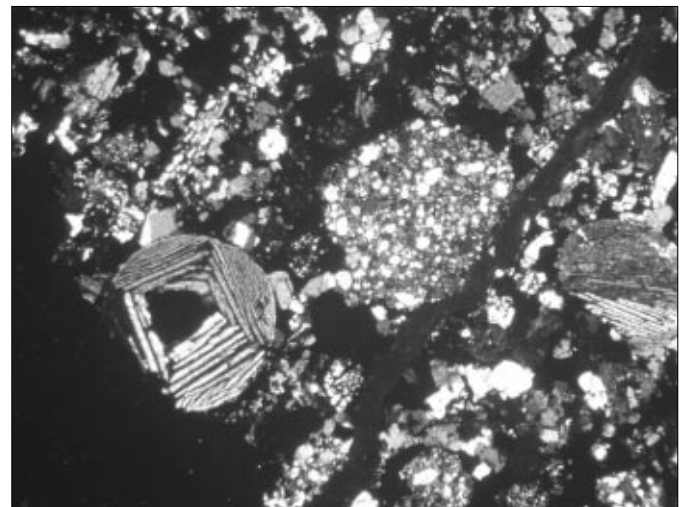


Рис. 4. Сложно-колосниковая и микропорфириновая хондры (без анализатора, ширина поля 3.5 мм)

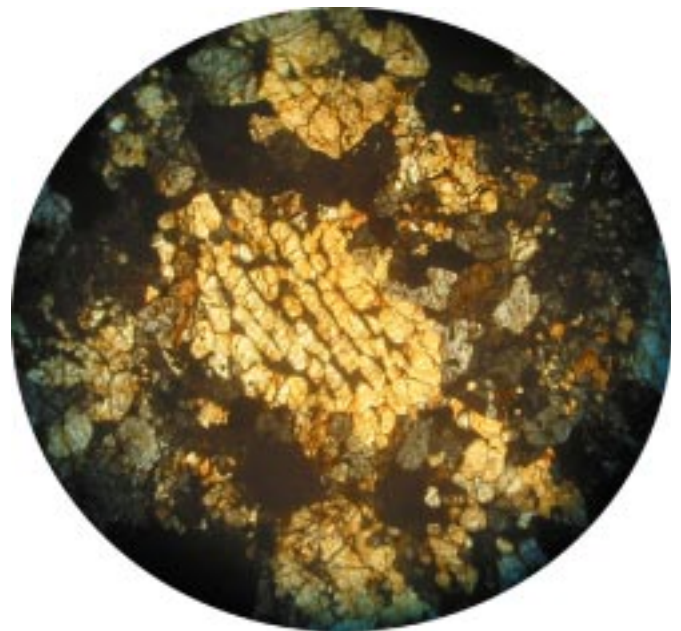


Рис. 5. Реликт колосниковой хондры в метеорите Masy (с анализатором, ширина поля 2мм)

хождения их на Земле. В метеорите Shisr 010 помимо металлических зерен обнаружено зерно с элементами группы лантоноидов: лантаном, церием, празеодимом.

История падения метеорита Allende подробно описана в литературе [2]. Этот углистый хондрит класса CV3 упал возле города Парраль на севере Мексики 8 февраля 1969 г. Было собрано 2 т обломков метеорита Allende, позже был определен их возраст, равный 4.56 млрд лет. На настоящее время они оказались самыми древними обломками породы: ее образование, вероятно, совпадает со временем образования Солнечной системы. Содержание органического углерода в образцах метеорита достигает 0.3 вес. %, и наличие такого значительного количества углерода вряд ли можно объяснить загрязнением земным веществом, поскольку произошло оно всего за четыре дня и затронуло весь метеорит полностью. Более того, практически весь органический углерод в

метеорите Allende находится в виде прокаленного нерастворимого материала, полимероподобных ароматических колец, напоминающих кероген или битуминозный уголь с небольшими содержаниями летучих и растворимых органических веществ (относительные атомные соотношения примерно соответствуют  $C_8H_4O$ ). Изучение метеорита Allende показало, что углерод содержится в нем в целом ряде форм, на каждую из которых в биологическом мире Земли в плане размера, формы и образования групп имеется “двойник” размерами на уровне 20—50 и 80—150 нм. Такие же диапазоны размеров характерны и для земных нанобактерий. Помимо этих “наночастиц” наблюдалось несколько индивидов в форме сосиски или боба размером свыше 500 нм, т. е. таким же, как у обычных земных бактерий. Источник органического углерода в таких метеоритах является предметом споров: либо это были живые микроорганизмы, либо он образовался не биологическим способом, либо его присутствие объясняется современной контаминацией [3].

Нами был изучен фрагмент метеорита Allende по петрографическим шлифам. При исследовании образца выявлено, что темно-серая практически непрозрачная матрица сложена мелкозернистыми агрегатами оливина. В отраженном свете видно, что все поле шлифа усеяно вкраплениями зерен рудного минерала желтого цвета с металлическим блеском — возможно, троилита.

Образец имеет хорошо выраженную хондритовую текстуру. Порода разбита системой незакономерно ветвящихся трещин. Хондры занимают около 50 % объема породы, их размеры варьируют от 0.1 до 1.5 мм. В разрезе они имеют шаровидную или эллипсовидную форму. Во многих хондрах около 20—30 % объема приходится на пустоты, которые в основном сосредоточены в центре (рис. 6).

Хондры имеют четкие границы, иногда приобретающие заливообразные очертания. Наиболее широко распространены микропорфировые хондры размером до 1.5 мм, сложенные оливином и пироксеном. Встре-

чаются микропорфировые хондры с зональным строением: более крупные зерна находятся в центре и уменьшаются от центра к краю. Возможно, более крупные зерна в центре это реликты, сформировавшиеся до образования хондры (рис. 6). Другие хондры сложены одним или несколькими крупными зернами оливина размером 0.1—0.3 мм с более четкими границами. Иногда встречаются хондры, имеющие ореол, плавно переходящий в матрицу. В таких хондрах наглядно виден процесс раскристаллизации матрицы с хондрами. Матрица и хондры сложены оливином и пироксеном. Размеры зерен варьируют от 0.01 до 0.5 мм. Оливин имеет высокий рельеф, низкие интерференционные окраски от желто-оранжевого до светло-желтых цветов ( $ng - np = 0.016$ ). В матрице видны амебообразные участки непрозрачного темно-серого рентгеноаморфного вещества, которое по оптическим характеристикам сходно с углеродистыми соединениями (рис. 7), и амебообразные вытянутые агрегаты, сложенные мелкозернистым оливином.

При исследовании образца под микроскопом были обнаружены пустоты в хондрах, которые занимают до 30 % объема хондры и могут свидетельствовать о том, что порода образовалась на небольших глубинах, иначе пустоты разрушились бы под действием литостатического давления. Выявлено также наличие углеродсодержащей фазы, являющейся предметом жарких споров ученых. В результате исследования метеорита рентгеноструктурным методом было установлено, что хондры и матрица сложены форстеритом и лишь в некоторых включениях преобладает в оливине фаялитовый компонент.

Исследование хондритовых метеоритов и сравнение их с земными породами приближают нас к пониманию процессов, происходивших после аккреции Земли. Обнаружение нами углеродсодержащих фаз в углистом метеорите заставляет задуматься о природе этого вещества и возникновении жизни на Земле.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев Э. В., Семенов В. П. Вещество метеоритов. Киев: АН УССР, 1984. 189 с.
2. Folk R. L. 50—100 carbon balls in Allende meteorite morphologically identical to nannobacterial colonies on Earth / Lunar and Planet. Sci. Vol. 29. Abstr. Pap. 29, 1998. P. 1110.
3. Norton O. R. The Cambridge Encyclopedia of meteorites. Cambridge University Press, 2002.

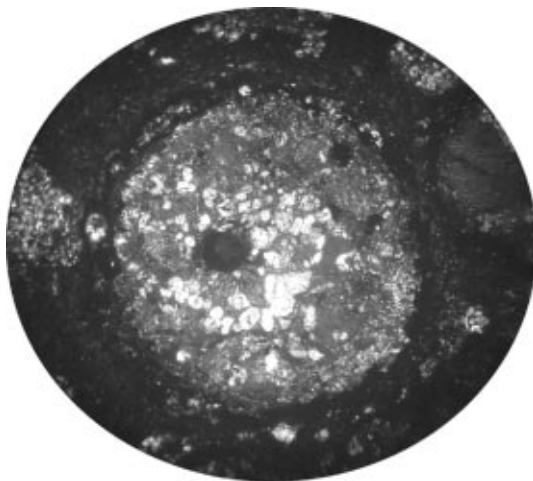


Рис. 6. Микропорфировая хондра с пустотами в метеорите Allende (с анализатором, ширина поля 2 мм)

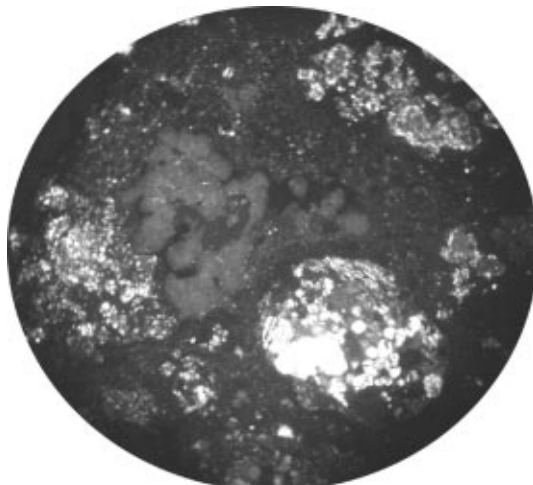


Рис. 7. Углеродистые соединения “амебообразной формы” в метеорите Allende (с анализатором, ширина поля 2 мм)