

Челябинский метеорит: минеральный состав

Сотрудники ИГМ продолжают изучать фрагменты челябинского метеорита (падение 15 февраля 2013 года) на сканирующем микроскопе. Ранее (сообщение от 01.03.2013) в этом метеорите были установлены: оливин, ортопироксен, троилит, хизлевудит, камасит, тэнит, хромит, клинопироксен (диопсид), плагиоклаз (альбит-анортит) и стекло полевошпатового состава. При дальнейших исследованиях были обнаружены хлорapatит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, мерриллит $\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$ и ильменит FeTiO_3 . Фосфиды Fe и Ni пока не удалось выявить.

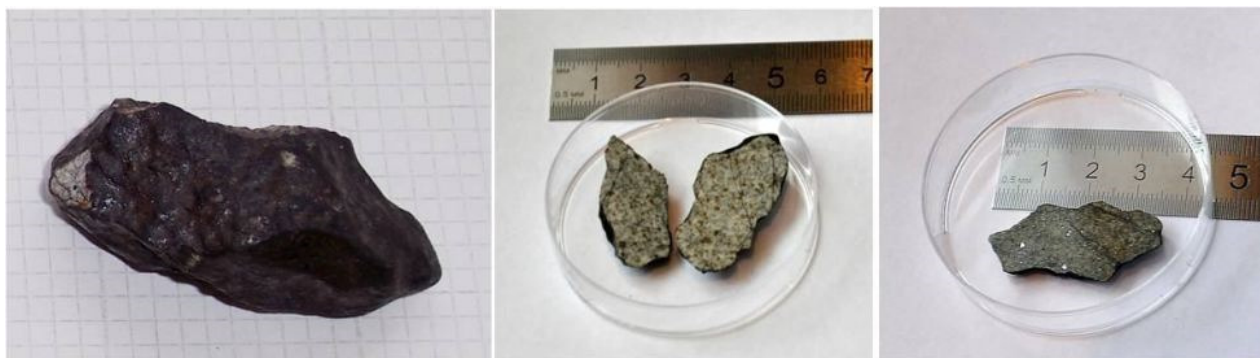
Согласно данным ГЕОХИ СО РАН, челябинский метеорит относится к редкому классу обыкновенных хондритов – LL5 (S4, W0). Хондриты этого класса составляют всего 2% от всего числа зарегистрированных болидов и метеоритов по всей планете.

Сопоставление фазового состава метеорита Челябинск и некоторых хондритов LL5 типа.

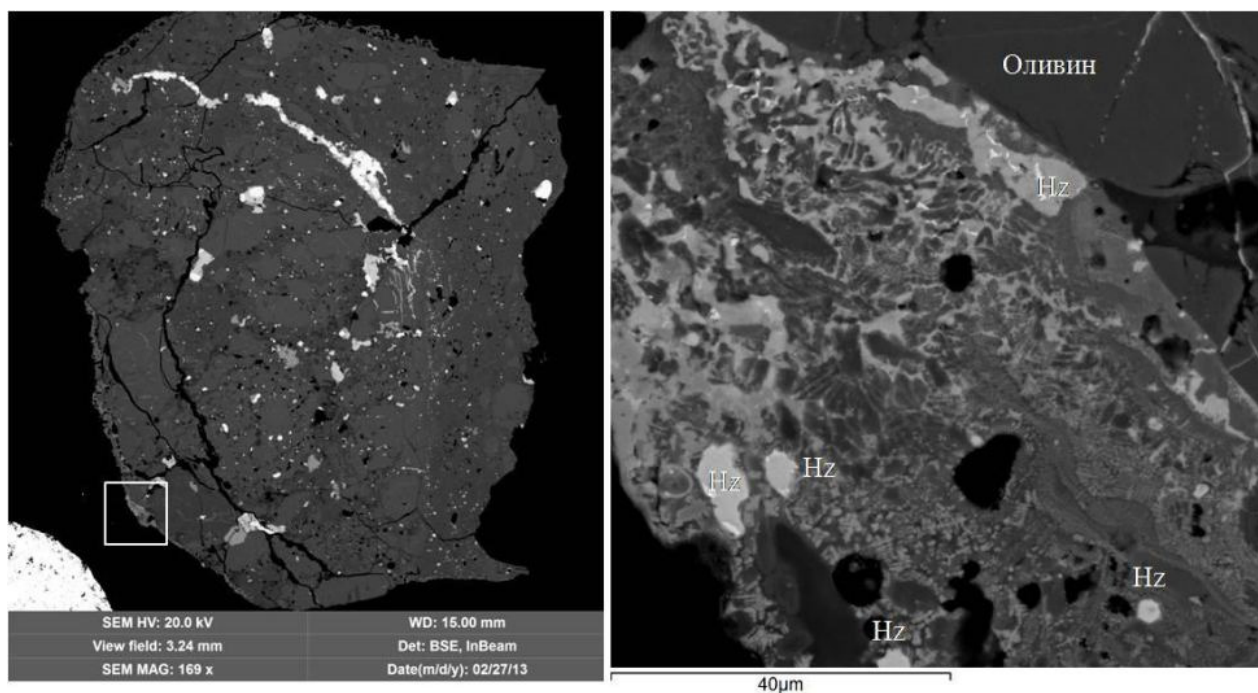
Минерал	Формула	Chelyabinsk LL5, S4	Hautes Fagnes LL5, S1	Salzwedel LL5, S1- S2-S3	Al Zarnkh LL5
Источник			Vandeginste etal., 2012	Matthes, 1995	Gismelse ed et al., 2005
ортопироксен	$(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	+	+	+	+
оливин	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$	+	+	+	+
клинопироксен	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	+	+	+	+
плагиоклаз	$(\text{Ca,Na})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	+	+	+	+
стекло		+			
хромит	$(\text{Fe,Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$	+	+	+	+
ильменит	FeTiO_3	+			
хлорapatит	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	+	+	+	
мерриллит	$\text{Ca}_9\text{NaMg}(\text{PO}_4)_7$	+		+	
камасит	альфа-(Fe,Ni)	+	+	+	+
тэнит	гамма-(Fe,Ni)	+	+	+	+
троилит	FeS	+	+	+	+
хизлевудит	$(\text{Ni,Fe})_3\text{S}_2$	+			
медь	Cu		+		

Если присутствие в этом метеорите меррилита, типичного метеоритного фосфата, не удивляет, то появление хлорапатита немного смутило. Однако данные для LL5 хондритов Hautes Fagnes, Бельгия и Salzwedel, Германия (Vandeginste et al., 2012; Matthes, 1995), которые очень близки по минеральному составу к метеориту Челябинск, показали, что в них также присутствует хлорапатит.

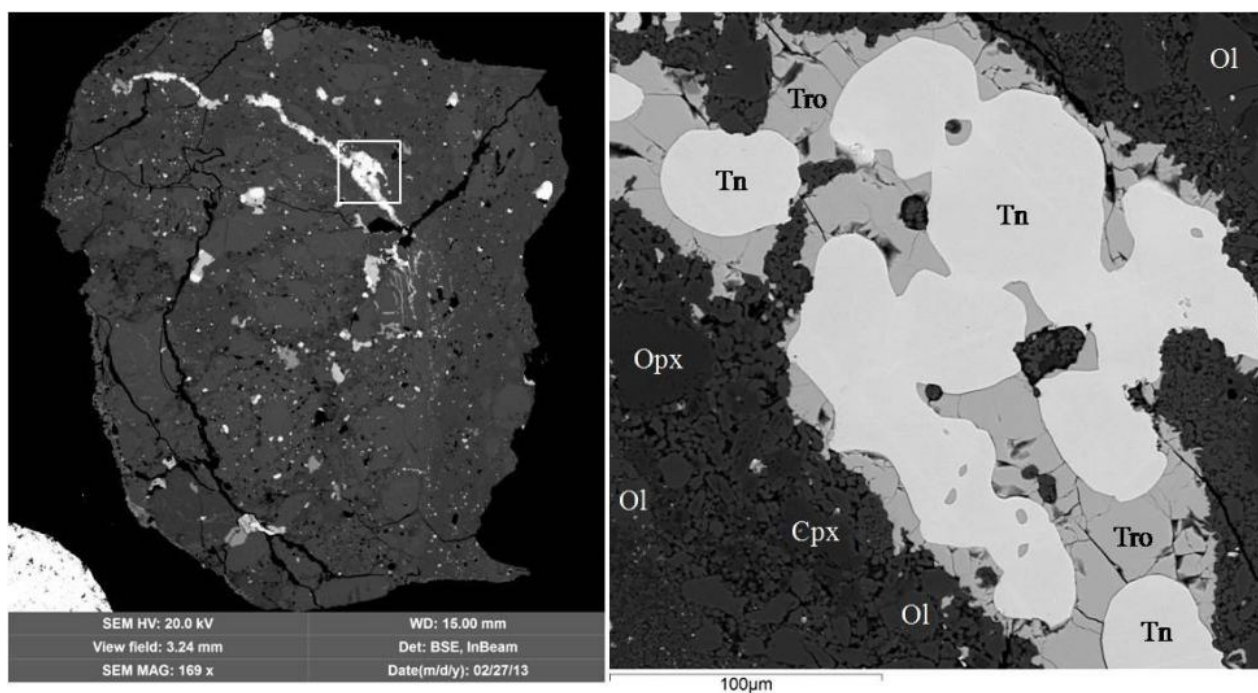
Зона поверхностного оплавления, как правило, не более 1 мм. В ней присутствует стекло, недоплавленные фрагменты силикатов и хромита, а также металл-сульфидные глобулы и хизлевудит. Крупные трещины во фрагментах метеорита заполнены веществом, соответствующим по составу зоне оплавления. Здесь присутствуют стекло, металл-сульфидные глобулы и фрагменты хромита. Центральная часть фрагментов метеорита представлена крупными (до 1-2 мм) зернами ортопироксена, оливина, иногда хромита и клинопироксена, и крупными обособлениями металла и троилита. Интерстиции между ними заполнены мелкозернистым агрегатом, содержащим Mg-Fe-силикаты, хромит, плагиоклаз, Са-фосфаты, стекло и металл-сульфидные глобулы. Состав металла очень сильно варьирует по содержанию Ni, и, по-видимому, представляет собой тонкий агрегат камасита и тэнита.



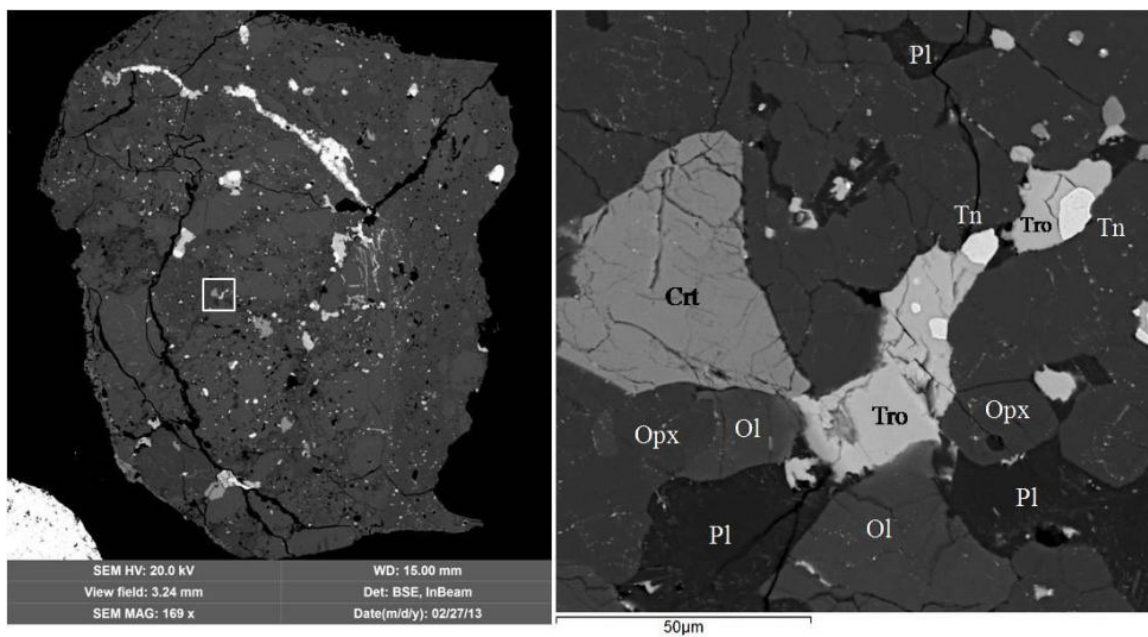
Фрагмент метеорита Челябинск (образец ChM-VS из коллекции музея, переданы С.В. Колисниченко и И.В. Карловым): изначальный вид, после распиловки и после полировки. На первом снимке хорошо видна зона поверхностного оплавления, на двух других снимках – трещины, заполненные стекловатым агрегатом, соответствующего по составу зоне поверхностного оплавления. Потемнение образца на третьем снимке связано с заполнением микротрещин в силикатах, появившиеся при сильном разогреве и последующей резкой закалке (падение в снег).



Фрагмент метеорита Челябинск (образец 1 из коллекции музея, переданы Е.Ю. Томиловой и Е.А. Афанасенко): хизлевудит (Hz) в зоне поверхностного оплавления (сканирующая микроскопия).



Фрагмент метеорита Челябинск (образец 1 из коллекции музея, переданы Е.Ю. Томиловой и Е.А. Афанасенко): тэнит (Tn) и троилит (Tro) в мелкозернистой силикатной массе (сканирующая микроскопия). Силикаты: Орх – ортопироксен; Срх – клинопироксен; ОI – оливин.



Фрагмент метеорита Челябинск (образец 1 из коллекции музея, переданы Е.Ю. Томиловой и Е.А. Афанасенко): хромит в ассоциации с тэнитом (Tn), троилитом (Tro), ортопироксеном (Opx), оливином (Ol) и Na-плагиоклазом (Pl) (сканирующая микроскопия).