

ЧТО МЫ ЗНАЕМ ОБ ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА ЧЕЛЯБИНСКОГО МЕТЕОРИТА?

Костицын Ю.А.

ГЕОХИ РАН, Москва, Россия, kostitsyn@geokhi.ru

Сразу после падения наш Институт организовал экспедицию в Челябинскую область, и мы провели первые комплексные исследования, в том числе изотопными методами, прежде всего рассчитывая разобратся с хронологией событий, с историей этого тела.

Фрагменты метеоритного дождя выпадали на достаточно рыхлый снежный покров толщиной 50–70 см с тонкой коркой наста наверху. Места падения легко опознавались по круглым отвесным отверстиям глубиной 10–30 см, далее переходящим в столбики смёрзшегося снега (фирна) длиной 20–30 см (и более), на нижнем конце которых находились метеоритные обломки. Масса обломков от 1 г до 1.8 кг, большинство менее 20 г, хотя позднее со дна озера Чебаркуль был поднят кусок массой более 500 кг. Таким образом, нам в руки попал свежий материал метеорита, не затронутый выветриванием и контаминацией веществом земных горных пород.

В принципе, изотопные методы позволяют уверенно датировать события, если в образце представлены минеральные ассоциации, образованные или полностью преобразованные в этом событии. Но в случае хондрита Челябинск это совсем не так.

Примерно треть собранных фрагментов состоит из ударно-расплавной брекчии, состоящей из почерневших хондритовых обломков в тонкозернистой матрице. Темноцветные минералы хондритовых обломков рассечены неправильными или плоскопараллельными трещинами, заполненными тончайшими прожилками троилита и металла, придающими общий чёрный цвет этим обломкам. Для них также характерно присутствие хорошо оформленного и полностью изотропного полевого шпата.

Главные минеральные фазы оливин и ортопироксен. Хондры составляют примерно 60% и хорошо различимы в матрице, которая, в свою очередь, сложена мелкими обломками хондр и минеральных зёрен. Хондры крупные, в среднем около 0.9 мм, что характерно для LL хондритов. Хондры редко имеют округлые очертания, чаще их форма угловатая, очевидно, приобретённая в результате деформации и дробления.

Таким образом, было априори понятно, что вещество метеорита несёт в себе отпечатки нескольких разных событий. Для изотопных исследований были

приготовлены аликвота породы в целом (WR1), лёгкая немагнитная (LN), лёгкая слабомагнитная (LM), тяжёлая немагнитная (HN) и тяжёлая слабомагнитная (HM) фракции. Такой подход мы вынуждены были применить ввиду невозможности выделить чистые минеральные фракции из мелкозернистой породы метеорита. Кроме того, из пластины были механически выделены фрагменты породы в целом, свободные от стекла (WR0) и тёмное импактное стекло (BG) из прожилков мощностью 1–2 мм.

Исследование Sm-Nd изотопной системы показало следующее. Валовый состав в Sm-Nd изотопной системе близок (в пределах разброса данных) к составу хондритового однородного резервуара (CHUR) [Wasserburg et al., 1981], а изотопная система минералов радикально нарушена. Близкие по смыслу результаты были получены и другими исследователями [Popova et al., 2013; Bogomolov et al., 2013; Richter et al., 2015].

Соответствие валового состава Челябинского метеорита составу CHUR можно рассматривать в данном случае как модельную оценку его исходного возраста, не отличающегося от возраста Солнечной системы.

На основании исследования Rb-Sr системы породы в целом и обогащённых минеральных фракций вывод такой же, как и по Sm-Nd системе: модельный (исходный в данном случае) возраст метеорита близок к возрасту Солнечной системы, но внутри метеорита Rb-Sr изотопная система полностью нарушена, и сейчас это единственная полезная информация, которую эта изотопная система несёт.

В докладе рассмотрены данные, полученные по другим изотопным системам (U-Th-Pb, K-Ar, U-He), на основании чего можно сделать следующие заключения. Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb и K-Ar изотопные системы LL5 хондрита Челябинск нарушены, что согласуется с петрографическими признаками сильного импактного воздействия на него. Оценки времени нарушения изотопных систем (времени импакта?) не согласуются между собой:

Sm-Nd ~0.29 млрд лет;

K-Ar ~1.7 млрд лет и ~30 млн лет;

U-Pb по циркону ~0.84 млрд лет;

U-Pb по апатиту ~0.59 млрд лет.

Скорее всего, ни одно из этих значений возраста не отражает реального события.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bogomolov E.S., Skublov S.G., Marin Yu.B., Stepanov S.Yu., Antonov A.V., Galankina O.L. Sm-Nd age and isotope geochemistry of minerals of the Chelyabinsk meteorite // *Doklady Earth Sciences*. 2013. V. 452. P. 1034–1038.
2. Popova O.P., Jenniskens P., Emel'yanenko V. et al. Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization // *Science*. 2013. V. 342. P. 1069–1073.
3. Righter K., Abell P., Agresti D. et al. Mineralogy, petrology, chronology, and exposure history of the Chelyabinsk meteorite and parent body // *Meteoritics & Planetary Science*. 2015. V. 50. P. 1790–1819.
4. Wasserburg G.J., Jacobsen S.B., DePaolo D.J., McCulloch M.T., and Wen T. Precise determination of Sm/Nd ratios, Sm and Nd isotopic abundances in standard solutions // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1981. V. 45. P. 2311–2323.