

О возможных микроскопических следах Тунгусского метеорита

В. А. Цельмович

Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ РАН

tseim@mail.ru

Методом рентгеноспектрального микроанализа и катодолюминесценции была изучена веточка, найденная в торфянике на северных островах Южного болота на месте Тунгусского феномена. В ней обнаружены микроминералы, происхождение которых обычно может быть как космическим, так и терригенным

Ключевые слова: Тунгусский метеорит, самородные металлы, алмаз, муассанит, катодолюминесценция

Ссылка: Цельмович, В. А. (2012), О возможных микроскопических следах Тунгусского метеорита, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG

Ключевым звеном в изучении природы Тунгусского метеорита является вопрос о том, каким был его материальный (элементный и изотопный) состав. Начиная с экспедиций Л.А. Кулика, поисками вещества Тунгусского метеорита было занято несколько поколений исследователей. Итоги этих многолетних усилий отражены в многочисленных обзорах и оригинальных публикациях. Тем не менее, сегодня можно утверждать, что космическое вещество, которое можно было бы гарантированно отождествить с веществом Тунгусского метеорита, пока не найдено. Вещество гипотетического Тунгусского метеорита не было найдено в сколь-нибудь значительном количестве; однако были обнаружены микроскопические силикатные и магнетитовые шарики, а также повышенное содержание некоторых элементов, указывающее на возможное космическое происхождение вещества. Так, итальянскими исследователями анализировались частицы, найденных в смоле 1908 г. [Longo *et al.*, 2003; Serra *et al.*, 1994], были найдены их отличия от частиц более ранних и более поздних. Смолу на корнях поваленного дерева они рассматривали как «запаздывающую ловушку», так как вещество метеорита стало падать после взрыва и корни постепенно выступали из земли, а затем на них выделилась смола. Полученные образцы были исследованы в Болонском университете с помощью электронного микроскопа. Отличительной чертой преимущественного большинства частиц, найденных в смоле 1908 г., была их форма со сглаженными краями, иногда сферическая, что свидетельствовало о сильном термическом воздействии. Частицы, обнаруженные в смоле до и после 1908 г., обычно имели заострённые края, или «пушистый» вид, что свойственно многочисленным фоновым частицам, всегда присутствующим в воздухе (пыль космического, вулканического, биологического либо индустриального происхождения). Выявленное отличие позволило сделать вывод, что большинство частиц, относящихся к 1908 г., попали в смолу непосредственно от взорвавшегося космического тела, они не могли быть подняты взрывной волной с земли, поскольку тогда не успели бы нагреться до температуры плавления.

Таким образом, итальянцами была показана перспективность анализа частиц, застрявших в смоле или других частях деревьев, для идентификации вещества Тунгусского метеорита. Однако их результат необходимо дополнить современными методами исследований, что и было сделано.

Автором при помощи рентгеноспектрального микроанализатора “Tescan Vega II” с приставками для энергодисперсионного анализа и катодолюминесценции была изучена веточка, найденная Е.В. Дмитриевым в небольшой воронке в торфянике, на северных островах Южного болота. Первоначально находка представляла собой небольшую веточку длиной 5 см диаметром 2 мм. Веточка была чрезвычайно похожа на обуглившуюся. Однако она имела полированную поверхность, чем отличалась от других подобных образований. Она не оставляла след на бумаге. Цвет веточки, даже в тонких срезах, был абсолютно черный. Исходя

ЦЕЛЬМОВИЧ: О ВОЗМОЖНЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ СЛЕДАХ

из предположения, что частицы метеорного вещества внедрились при взрыве в древесину, частицы отбирались из поверхностного слоя веточки. Они были перенесены на двухсторонний угольный скотч. Анализировался химический состав микрочастиц при помощи энергодисперсионного спектрометра Drucool Oxford Instruments, затем проводилось катодолюминесцентное исследование светящихся частиц на спектрометре Mono CL3 фирмы Gatan. Химический состав наиболее интересных частиц, выявленных при помощи обзорных катодолюминесцентных съемок, изучался после съемок. Аналогичная методика была ранее применена при изучении образцов с границы мел-палеоген (Гамс, Австрия [Grachev *et. al.*, 2009]; Стевенс Клинт, Дания [Корчагин *et. al.*, 2011]).

В результате были обнаружены частицы минералов, которые могут иметь как космическое, так и терригенное происхождение. К космическим частицам можно отнести находки зерен, которые могли сформироваться при сильно восстановительных условиях [Цельмович, 2012]. К ним относятся частицы: самородного Sn (рис.1), Zn (рис.2, рис.6), W (рис.3), Cr (рис.4), Ni, Al, Fe (рис.5). Возможно присутствие карбидов металлов. Среди этих находок особо выделяются частицы алмаза (рис.8) и муассанита (рис.3, рис.6). Эти находки являются лучшими маркёрами импактного события. Схожие находки были сделаны при изучении границы мела и палеогена, где также предполагался импакт [Grachev *et. al.*, 2009; Корчагин *et. al.*, 2011]. Высокоуглеродистые сфероиды приведены на рис.7. Аналогичные были обнаружены ранее в пограничных отложениях перми-триаса в Недуброво [Корчагин *et. al.*, 2010]. Мелкие частицы алмаза (3x3 мкм) и муассанита (2x3 мкм) были найдены благодаря использованию катодолюминесцентного спектрометра. Обзорная катодолюминесцентная картинка приведена на рис.9. Спектры катодолюминесценции алмаза и муассанита приведены на рис. 10, 11. Найденное зерно алмаза находится на одной из граней титаномагнетита теллурического происхождения. По-видимому, в процессе ударно-термического воздействия при падении Тунгусского метеорита произошло эпитаксиальное наращивание алмаза на грань титаномагнетита. Оба минерала могут иметь схожую кристаллическую структуру. Схожее явление – нарастание космического вещества на земное при импакте – ранее наблюдалось автором при изучении астроблемы Цэнхэр (Монголия). Там было обнаружено наплавление самородного железа на частицу магнетита [Салтыковский *et. al.*, 2011].

К теллурическим минералам можно отнести находки частиц магнетита, титаномагнетита, сульфидов железа, пироксенов, мусковита, амфиболов, кварца, алюмосиликатов различного состава. Происхождение оливина и сульфидов железа может двойственным. Отдельно следует отметить находки органического вещества, идентификация которого микроразновым методом затруднена или невозможна. Так, зерна самородного Al и W находятся на углеродных частицах, содержащих Al и W в виде примеси, а скорее всего – в виде наночастиц, размер которых значительно меньше физических возможностей рентгеноспектрального метода.

Вывод. Набор минералов космического происхождения позволяет отнести находку Е.В.Дмитриева к 1908 г., к падению Тунгусского метеорита. Очевидна целесообразность продолжения исследований древесины катастрофического периода на предмет обнаружения минералов – маркёров космического вещества.

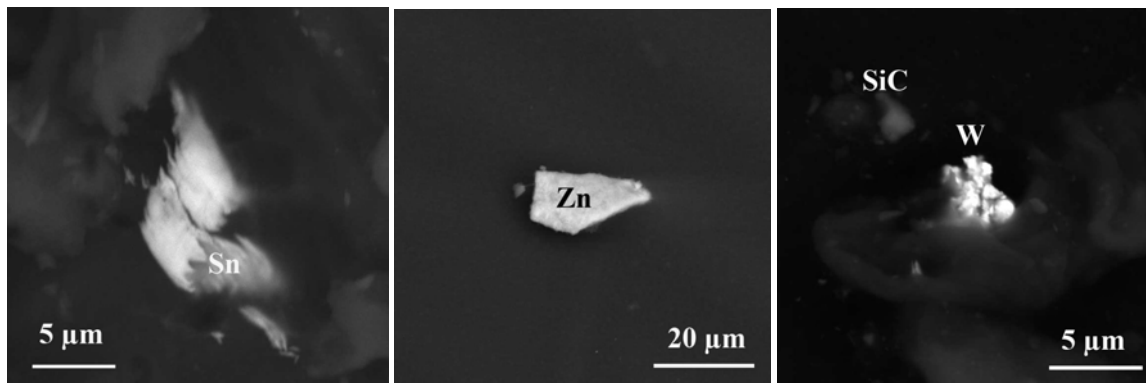


Рис. 1. Частица самородного Sn

Рис. 2. Частица самородного Zn

Рис. 3. Частицы самородного W и муассанита SiC

ЦЕЛЬМОВИЧ: О ВОЗМОЖНЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ СЛЕДАХ

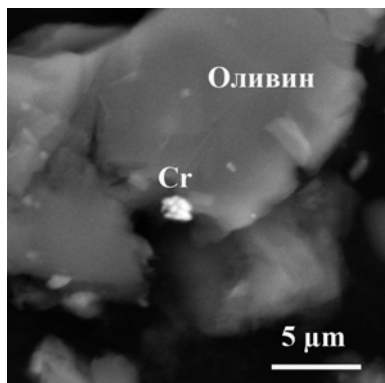


Рис. 4. Частица самородного Cr на оливине

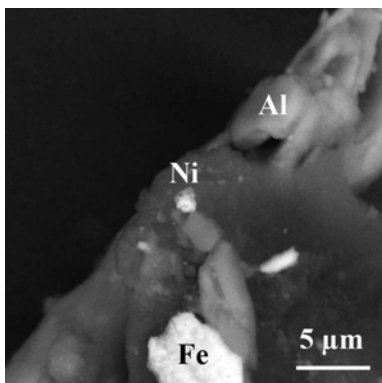


Рис. 5. Частицы самородного Ni, Al, Fe

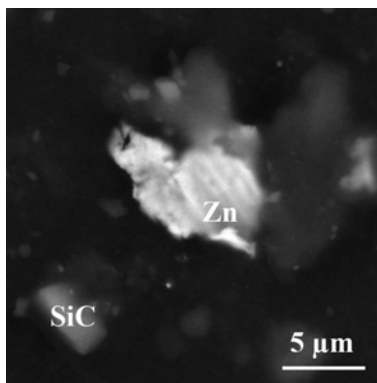


Рис. 6. Частицы самородного W и муассанита SiC

