

ЧЕШУЙЧАТЫЕ ФОРМЫ САМОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В МЕТЕОРИТАХ БИШТЮБЕ, БАББС-МИЛЛ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ

В. А. Цельмович

Геофизическая обсерватория «Борок» филиал ИФЗ РАН, п. Борок, tselm@mail.ru

Металлическое железо в осадочных породах наблюдалось исследователями [Pechersky, 2008] по результатам термомагнитных наблюдений в отложениях маастрихта, близ границы мел-палеоген (К/Т). Содержание металлического железа широко варьирует от разреза к разрезу, от менее 0.0001 до ~0.004 %. Отмечено [Печерский и др., 2010], что в распределении металлического железа нет какой-либо единой закономерности в его распределении и в частности – о приуроченности к границе К/Т. Благодаря использованию термомагнитного анализа до 800 °С авторы [Печерский и др., 2010] получили возможность наблюдать детальную картину распределения частиц металлического железа в пространстве и времени. Главные результаты этих исследований: обнаружено синхронное обогащение частицами Fe в осадках миоцена и сантона. Вероятнее всего, эти явления глобальные и связаны с космосом. Они не зависят от местных условий осадконакопления, состава осадков, окислительно-восстановительной обстановки и др. Возраст первого события 12.6–12.2 Ма, второго – 84–86 Ма. Такая продолжительность накопления Fe и глобальный охват не могут быть результатом одноактного импактного события, а отражают свойства облака космической пыли. Вариации состава частиц Fe выражаются в их точках Кюри, они изменяются во всех разрезах, как мела, так дания и миоцена, в широких пределах, отражая широкие колебания примеси Ni, и носят скорее случайный характер, очевидно, характеризуя широкие колебания состава частиц Fe в облаке космической пыли. В этих разрезах на фоне очень низких содержаний частиц Fe с широкими вариациями примеси Ni зафиксирован пик повышенного содержания Fe с практически постоянной величиной примеси Ni 5 % независимо от места и возраста осадка, содержащего это железо, т.е. это глобальный эффект. Известны многочисленные примеры обнаружения частиц металлического Fe в форме чешуек.

Частицы самородного Fe часто отмечают и по результатам микронзондовых исследований [Grachev et al., 2005]. Они, в отличие от термомагнитных исследований, позволяют, при корректном приготовлении объекта для исследований, анализировать не только Fe, но и другие магнитные частицы космического происхождения. По составам этих частиц можно делать вывод о специфике космической пыли и метеоритов. Однако возникает вопрос о том, какое происхождение этого железа? Часто высказывается версия в пользу вулканического или, для современных осадков, антропогенного происхождения частиц Fe. Поэтому крайне важно иметь надежный морфологический индикатор того процесса, в результате которого возникли частицы самородного Fe. Также важно понимание причин, по которым частицы Fe сохранялись в осадках сотни миллионов лет.

Автор при микронзондовом (микронзонд «Tescan Vega II») изучении осадков часто отмечал наличие специфической чешуйчатой (пластинчатой) морфологии частиц Fe, Fe-Ni. Такие структуры были обнаружены: в метеоритах (рис. 1а, б), в современных озерных осадках оз. Плещеево (Ярославская обл.) (рис. 2а,б) и оз. Б. Ложка (Новосибирская обл.) [Цельмович, Казанский, 2009], в материале из кратера Чиксулуб (Мексика) (рис. 3а, б), в зювитах Карской астроблемы, в палеозойских вулканитах Дальнего Востока, в образцах с границы мел-палеоген (Гамс, Стевенс-Клинт), в образце из силурийско-нижнедевонского разреза Подолии девонского возраста (411 Ма), в образце из Армении (Кафан, 158 Ма, туфы, обожжённые контакты), и в других объектах, изученных автором. Следует особо подчеркнуть сам факт достоверности обнаружения сохранности

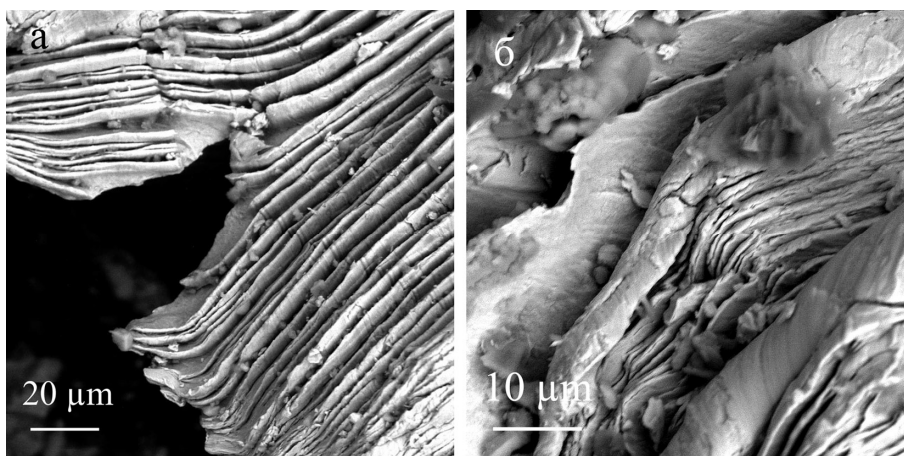


Рис. 1а, б. Чешуйчатое железо-никель (камасит), метеорит Баббс-Милл.

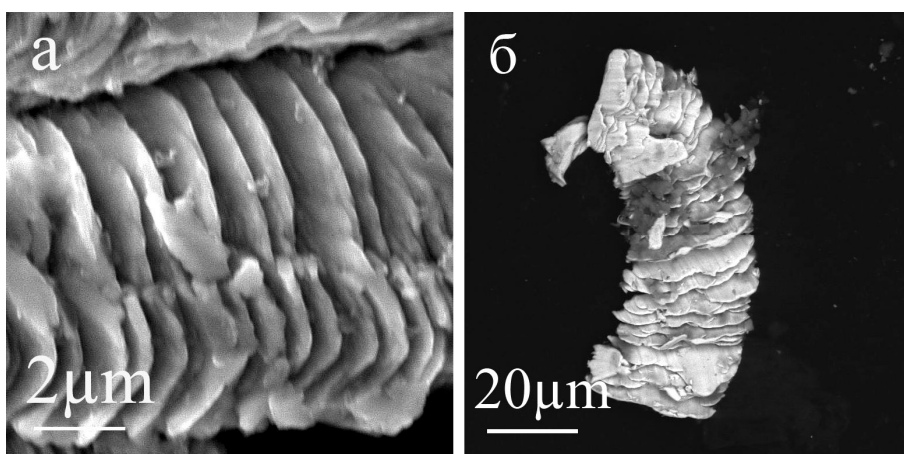


Рис. 2. Чешуйчатые структуры, оз. Плещеево: а – Fe, б – Co.

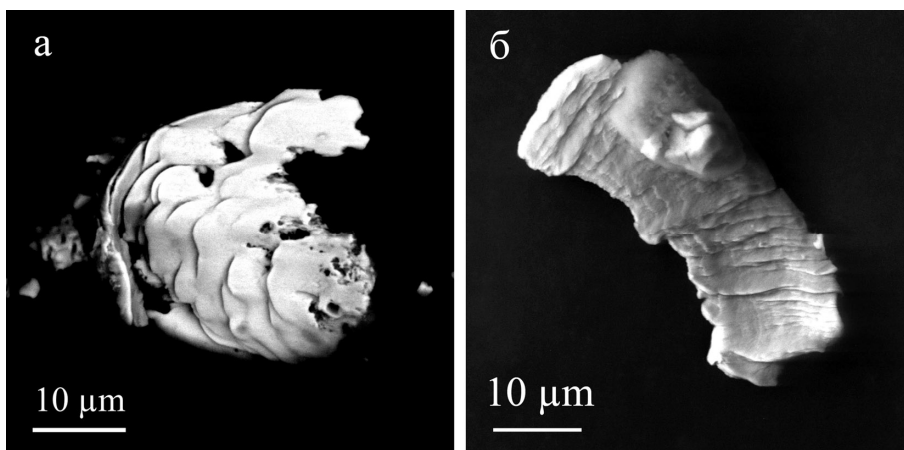


Рис. 3. Чешуйчатые структуры, кратер Чиксулуб: а – чистый Ni; б – сплав Fe-Cr.

самородного Fe в осадках столь древнего возраста. Более того, чешуйчатая микроструктура была отмечена не только в чистом самородном Fe, но и в сплавах Fe и Ni (камасита и тэнита), в частицах самородных металлов – чистого Ni и Co (рис. 2б, рис. 3а), также относящихся к сидерофильным элементам. Чешуйчатая микроструктура отмечалась и в сплавах Fe с Cr (рис. 3б), в частицах самородного Cr, в сплавах Fe-Cu-Sn. Находки металлических частиц с чешуйчатой микроструктурой наряду с другими минералами, имеющими космическое происхождение (алмаз, муассанит, корунд) [Grachev et al.,

2005] дают возможность предположить космическое происхождение частиц с такой структурой. Особый интерес представляет понимание механизма образования чешуек металлов. Чаще всего наблюдаются отдельные металлические чешуйки, возникшие в результате отделения чешуйки (пластинки) от массива, но нередки находки и неразделенных пластинчатых агрегатов. Все эти сплавы обогащены углеродом, что может приводить к их повышенной коррозионной устойчивости. Я полагаю, что такая микроструктура могла возникнуть в результате медленного охлаждения раствора углерода в металле, будь то чистый металл Fe, Ni, Co, Cr, или их сплавы, либо сплавы Fe-Cu-Sn, либо другие, ещё не найденные, композиции металлов.

Серьезным доводом в пользу этого вывода являются аналогичные чешуйчатые структуры Fe, камасита и тэнита, обнаруженные автором при микронзондовом изучении метеоритов из метеоритной коллекции РАН – в метеоритах Биштубе (Bishtube, Казахстан, октаэдрит IA, ГР-07369, падение 1888 г.) и Баббс-Милл (Babb's Mill, октаэдрит IA-Og, падение 1842 г., ГР-7389 рис. 1а, б). Они были любезно предоставлены для изучения главным хранителем Геологического музея им. Вернадского РАН М. Н. Кандиновым.

Большой интерес представляет изучение механизма образования чешуйчатой структуры. Земным аналогом космической чешуйчатой структуры могут быть подобные структуры в чугунах или в сталях. Известно, что углерод в расплавленном чугуне находится в растворенном состоянии в виде мельчайших частиц, равномерно распределенных по всей массе сплава. В процессе затвердевания жидкого чугуна происходит выделение С из раствора. В твердом чугуне С может находиться в виде химического соединения F_3C (цементита) следующего состава: 6.7 % С и 93.3 % Fe. Цементит образуется при быстром охлаждении чугуна и представляет собой очень твердое и хрупкое соединение. Когда чугун охлаждается медленно, С из раствора выделяется в виде пластинчатого (чешуйчатого) графита. Выделяясь в виде пластинок разных размеров и форм, малопрочный графит ослабляет сплав, придавая серому чугуну хрупкость и снижая его механические свойства. Чем крупнее пластинки графита, тем чугун получается более хрупким и с более низкими механическими свойствами. Выделение С из раствора в виде свободного графита и в виде F_3C происходит не полностью, часть его до 0.04 % остается в растворенном состоянии в металлической части чугуна – феррите. Образование тонких чешуек Fe может быть связано с перлитом – продуктом эвтектоидного превращения высокотемпературной фазы – аустенита при термической обработке, с последующим удалением фазы с повышенной концентрацией С. Ещё более тонкие чешуйки могут быть связаны с выделениями троостита и даже сорбита. Диаграммы состояния Ni-C и Co-C изучены значительно хуже, чем диаграмма Fe-C, позволяющая делать эти выводы. Остается предположить, что в зернах Co (а также в Ni, Ni-Fe, Fe-Cr зернах) механизм образования чешуек такой же, как и в зернах Fe.

Подобные структуры могли возникать при ранних стадиях формирования молодых звезд, и не исключено их досолнечное происхождение. Изучение чешуйчатых металлических структур разного состава из разновозрастных осадков может представлять большой интерес для космогонии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 10-05-00117.

Литература

Pechersky D. M. (2008). Metallic iron in sediments at the Mesozoic-Cenozoic (K/T) boundary Russ. J. Earth Sci., 10, ES6006, doi:10.2205/2005ES000304.

Печерский Д. М., Нургалиев Д. К., Фомин В. А. (2010). Космическое железо в осадках – результаты термомагнитного анализа // Вестник ОНЗ РАН, 2, NZ6025, doi:10.2205/2010NZ000043, 2010.

Grachev A. F., Korchagin O. A., Kollmann H. A., Pechersky D. M., Tselmovich V. A. A new look at the nature of the transitional layer at the K/T boundary near Gams, Eastern Alps, Austria, and the problem of the mass extinction of the biota // Russ. J. Earth Sci., 2005. V. 7. ES6001, doi:10.2205/2005ES000189.

Цельмович В. А., Казанский А. Ю. Магнитные частицы космического и антропогенного происхождения из осадков озера Б. Ложка (Новосибирская область) // Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН» № 1(27)'2009 ISSN 1819 – 6586. URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/planet-32.pdf