

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Ивановой Марины Александровны** «Первое твердое вещество, образованное в Солнечной системе», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых

Диссертационная работа Ивановой М.А. посвящена исследованиям твердого вещества, первым образованного в Солнечной системе, построению хронологии процессов преобразования вещества протопланетного диска в CAIs и хондр, а также выявлению механизмов химического и изотопного фракционирования.

Работа выполнена на современном уровне с использованием уникальных методик и современного аналитического оборудования отечественных и зарубежных лабораторий. Для решения поставленных в работе задач подобрана уникальная коллекция CAIs включений углистых хондритов CV3 и CH-CB типов. Следует отметить разработку метода точного анализа небольших количеств изотопов Pb и U с помощью масс-спектрометрии. Это позволило автору на основании надежно определенных значений $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ отношений установить точную хронологию образования CAIs и хондр из CV хондритов. Благодаря полученным данным автором изменено представление о хронологии процессов формирования первичного вещества Солнечной системы, что наглядно представлено на рис.1 автореферата. Комбинация изотопных методов датирования позволила определить длительность переработки вещества в протопланетном газо-пылевом диске. Для CAIs из CV хондритов образование длилось менее 200000 лет, а для хондр – 3 млн лет.

Важным результатом работы является идентификация в CAIs в виде новых минеральных фаз продуктов небулярной конденсации: дмитривановита CaAl_2O_4 и рубинита $\text{Ca}_3\text{Ni}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$.

В работе измерены распределения редкоземельных элементов в ультратугоплавких включениях CAIs, впервые определен изотопный состав кислорода для ультратугоплавких включений, что подтвердило их образование из газа, обогащенного изотопом ^{16}O .

На основании комплекса данных о составе и строении CAIs и хондр в углистых хондритах, а также расчетов получены следующие значимые научные результаты:

- Определено среднее значение возраста Солнечной системы и построена более точная временная последовательность процессов формирования CAIs CV3 хондритов и хондр. Определены валовые составы CAIs, образующих составное включение.
- Установлено, что уникальные ультратугоплавкие включения, в отличие от обычных CAIs, являются результатом конденсации и наиболее высокотемпературного ($>1800\text{ K}$) фракционирования и аномально обогащены Zr, Y, Hf, Sc и Ti.
- Доказано на основании теоретического моделирования процесса испарения, что валовые составы наиболее тугоплавких CAIs CH-CB хондритов образуются в результате испарения расплавов предшественников CAIs, что свидетельствует о генетической связи между включениями разных типов.
- Впервые показано, что CAIs в виде простого и вогнутого диска испытали пластическую деформацию при аэродинамическом торможении во время движения в протопланетном диске.

В качестве выдающихся результатов, отдельно хочется отметить помимо теоретических расчетов, выполнение экспериментального моделирования по испарению расплавов тугоплавких CAIs включений.

Большой удачей автора (которая, естественно, соответствует огромному количеству исследованного материала и приложенных усилий) можно считать обнаружение крупных тугоплавких включений, позволивших зафиксировать наличие аэродинамической пластической деформации и определить параметры процессов, ее вызвавших. Вместе с тем, на наш взгляд, подробности этих процессов недостаточно освещены в автореферате.

На основании содержания автореферата диссертации, списка основных публикаций и конференций, на которых были доложены результаты, а также понимании масштабов проделанной работы, ее научной новизне и значимости, следует заключить, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых. Иванова Марина Александровна, безусловно, заслуживает присвоения ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

Петрова Евгения Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра физических методов и приборов контроля качества, Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет

Адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19/5 УрФУ, ФТИ, ФМПК
e-mail: Evgeniya.petrova@urfu.ru

Я, Петрова Евгения Викторовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

 /Е.В. Петрова/
подпись

Гроховский Виктор Иосифович, кандидат технических наук, главный научный сотрудник, профессор, кафедра физических методов и приборов контроля качества Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет

Адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19/5 УрФУ, ФТИ, ФМПК
e-mail: grokh47@mail.ru

Я, Гроховский Виктор Иосифович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

 /В.И. Гроховский/
Подпись

Подлинность подписей Петровой Е.В. и Гроховского В.И. подтверждаю.

 /Д.Р. Байтимеров