

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
Дугушкиной Ксении Анатольевны
на тему: «ВКЛЮЧЕНИЯ И КСЕНОЛИТЫ В ОБЫКНОВЕННЫХ
И УГЛИСТЫХ ХОНДРИТАХ»
по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография, геохимия,
геохимические методы поисков полезных ископаемых»

Работа К.А. Дугушкиной посвящена изучению редких и необычных включений и ксенолитов в различных типах метеоритов. В целом диссертация мне понравилась, она содержит большое количество аналитических данных и наблюдений, выполненных на высоком методическом уровне. Выполнен очень большой объем исследований высокомагнезиальных зерен оливина, высокомагнезиальных хондр и богатых кремнеземом объектов в различных метеоритах. Безусловно, эти исследования актуальны и диссертация содержит большое количество оригинального материала. Я бы выделил всего несколько замечаний, которые могли бы быть полезными автору в дальнейшей работе.

Тема диссертационной работы сформулирована очень широко, но детально изучены только включения отдельных зерен высокомагнезиального оливина, хондры и их обломки, содержащие полиморфы кремнезема, а также несколько разнородных кластов в нескольких метеоритах разных типов. Дисбаланс между широко заявленной темой и очень конкретным изученным материалом прежде всего чувствуется в главе 1, в которой подробно обсуждаются типы включений, не исследованные в работе. Защищаемые положения касаются трех частных вопросов для трех различных типов метеоритов и связаны с заявленной темой диссертации только косвенно. Первое защищаемое положение предполагает механизм образования поздних кайм вокруг отдельных зерен оливина, но само происхождение этих зерен остается за рамками защищаемого положения. Второе защищаемое положение предполагает, что большое магматическое включение (более 1 см) представляет собой макрохондру. Но такое утверждение явно не может распространяться на все большие магматические включения в хондритах.

[Ruzicka et al., 2019] отмечают, что во многих больших магматических включениях встречаются скелетные кристаллы оливина, но это не позволяет отнести такие кристаллы к хондрам. Третье защищаемое положение касается переклассификации обыкновенного хондрита Северный Колчим и, хотя, это положение базируется на изучении кластов в метеорите, не совсем понятно, как это связано с общей темой диссертационной работы.

При этом, в работе изложено большое количество актуальных данных, полученных современными аналитическими методами. Для изучения метеоритов активно использовалось поэлементное картирование, микрондовый анализ, картирование отдельных фрагментов с помощью дифракции обратно-рассеянных электронов, а также измерения микроэлементного состава с помощью LA-ICPMS. При активном участии автора было изучено и зарегистрировано в международной базе метеоритов 14 метеоритов, в том числе 1 метеорит (Гумбейка), найденный в Челябинской области, 1 метеорит из Ирана и 1 метеорит из Монголии. Для детальных исследований использовались фрагменты метеоритов Северный Колчим и Шинэжинст, для которых в работе приведены исчерпывающе подробные описания.

Глава 1 написана в формате литературного обзора по различным типам включений в хондритах. Большая часть главы посвящена CAI и AOA. Наряду с литературными данными приведены собственные фотографии CAI и AOA из метеорита NWA 11179, но более детальных исследований этих объектов не описывается и далее этот материал не используется. Хорошо написаны разделы, посвященные SRC и включениям, богатым форстеритом. Описание больших магматических включений в этой главе отсутствует, но их существование упоминается далее по тексту диссертации.

Глава 2 посвящена методам исследований. Она написана лаконично, но очень четко и понятно. Отличие рамановских спектров тридимита от кристобалита, а также клиноэнстатита от энстатита приводится в этой главе и еще 2 раза далее по тексту диссертации.

Глава 3 посвящена описанию богатых форстеритом включений. Аналитические данные приводятся в приложении к диссертации. Автор относит к этим объектам отдельные крупные зерна форстерита и их обломки, а также некоторые оливин-порфиновые и колосниковые хондры. Непонятно,

почему не проведено сравнение с АОА (обособлениями в углистых хондритах, преимущественно состоящими из форстерита). Может и крупные зерна и хондры образовались за счет перекристаллизации или переплавления именно этих объектов? Непонятны конкретные механизмы, приводящие к формированию больших кристаллов форстерита из «протохондр», которые предлагает автор в качестве гипотезы образования крупных зерен форстерита. Каймы клиноэнстатита характерны не только для отдельных зерен оливина. Они часто встречаются вокруг высокомагнезиального оливина внутри оливин-порфировых хондр на контакте с раскристаллизованным стеклом в некоторых хондритах четвертого петрологического типа. Как объяснить такое замещение оливина низкокальциевым пироксеном за счет реакции с небулярным газом? Сходится ли баланс железа при таком замещении?

Глава 4 описывает находки кристобалита и тридимита в обыкновенных хондритах на примере метеорита Шинэжинст (Н4, W2, S3/4). Обращает на себя внимание, что существенная часть находок полиморфов кремнезема сделана в метеоритах с высокой степенью ударного воздействия. Кристобалит и тридимит приурочены к трещинам и стекловатым участкам в низкокальциевом пироксене непорфировых хондр. Автор детально изучил несколько таких хондр и показал близость ориентировки кристаллической решетки в соседних зернах кристобалита. Почему-то версия о формировании полиморфов кремнезема во время импактного события не рассматривается достаточно детально, а вместо этого предложена сложная схема кристаллизации скелетных кристаллов кристобалита и последующего захвата этих кристаллов растущим пироксеном. Этот материал не вошел в защищаемые положения.

Глава 5 посвящена изучению большого магматического включения (> 1 см) в метеорите Челябинск (LL5). Если судить по приведенным фотографиям, то в пределах этого включения есть несколько скелетных футляровидных кристаллов оливина, которые автор описывает как колосниковые хондры. Очень похожие магматические структуры были недавно описаны в [Ruzicka et al., 2017] в больших магматических включениях LL-хондритов как нефракционированного, так и фракционированного типа. Утверждение автора о том, что все включение

состоит из колосниковых хондр вызывает большие сомнения. В структуре изученного включения невозможно выделить межхондровое пространство, что отличает ее от хондритовой. Термин «мегахондра» не встречается в мировой литературе и требует пояснения. В литературе используется термин «составные хондры», то есть две или больше соединившиеся между собой хондры. В данном случае следов таких процессов не задокументировано.

Глава 6 посвящена изучению метеорита Северный Колчим, найденному в 1965 году в Пермской области и классифицированному как обыкновенный хондрит НЗ. В этом неравновесном метеорите различными авторами были обнаружены отдельные кристаллы высокомагнезиального оливина, большие магматические включения (ахондрит) и класты хондритового строения. Автор описала класт хондрита НЗ, отличающийся от основного вещества метеорита степенью ударной нагрузки и предложила рассматривать весь метеорит как геномиктную брекчию. Наверное, любой неравновесный хондрит можно рассматривать как геномиктную брекчию, поэтому этот тезис не вызывает возражений. При определении подтипа метеорита не использовались методы термолюминисценции, которые являются основными и общепринятыми, а использовались характеристики неравновесности оливина и пироксена, не позволяющие определить подтип с достаточной степенью достоверности.

В этой же главе описываются высокомагнезиальные хондры в дополнение к материалу, изложенному в главе 3. Отмечен вторичный фосфат железа, но его отнесение к вивианиту не подтверждено никакими структурными методами. Вивианит не очень устойчив в условиях выветривания, и я бы предположил, что найденная фаза могла бы быть сантабарбарайтом скорее, чем вивианитом.

В этой же главе описаны выделения полиморфов кремнезема в дополнение к материалу главы 4. Определение ударной нагрузки именно этой части геномиктовой брекчии осталось за пределами описания. Если фазы кремнезема являются индикатором специфических импактных процессов, то фиксация степени ударной нагрузки была бы очень полезна для дальнейшей дискуссии.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям,

установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Дугушкина Ксения Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор РАН,
Директор Минералогического музея
им. А.Е. Ферсмана РАН

Плечов Павел Юрьевич



17.02.2023

Дата подписания

Контактные данные:

тел.: +7(495)454-39-00, e-mail: pplechov@gmail.com
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 25.00.04 – петрология, вулканология

Адрес места работы:

119071, Москва, Ленинский проспект, д. 18, к.2,
Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН
Тел.: +7(495)454-39-00; e-mail: mineral@fmm.ru

Подпись сотрудника
Директора Минералогического музея
им. А.Е. Ферсмана РАН
удостоверяю:

