

## Отзыв

На автореферат и диссертацию Николенко Анны Михайловны «Петрогенезис и рудоносность щелочного комплекса Мушугай-Худук (Монголия)» представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 «Петрология, вулканология».

Работа посвящена генезису чрезвычайно интересного щелочно-карбонатитового массива Мушугай-Худук (Монголия). В отличие от большинства других массивов мира он тесно связан с калиевыми шошонитовыми-латитовыми вулканитами, мелалейцититами и псевдолейцитовыми сиенитами близкого возраста, а также высоко кремнистыми вулканитами повышенной щелочности и щелочными агпайтовыми гранитами. Кольцевые депрессии, контролирующее положение массива, напоминают вулканические кальдерные структуры, что согласуется с обилием пирокластических и вулканогенных пород в разрезе. Это обстоятельство также отличает Мушугай-Худук от других карбонатит содержащих массивов, в которых широко распространены плутонические фации щелочных пород.

В этой связи в работе в главе 1 в разделе 1.2 приведен краткий анализ существующих моделей генезиса калиевых магм. Перечислены классические щелочные провинции с калиевым уклоном в которых присутствуют проявления карбонатитового магматизма. Перечислены модели связывающие калиевый магматизм с карбонатитообразованием.

В разделе 1.3 приводятся перечисление проявлений щелочно-карбонатитовых проявлений в Центрально-Азиатском складчатом поясе. В этой части следовало бы упомянуть одну из первых работ - Коваленко и др. (1979) (выпуск №30 трудов Российско-Монгольской экспедиции), где достаточно детально рассмотрена петрография и геология массива Мушугай-Худук. Автор здесь к сожалению не касается взаимосвязи щелочного кислого магматизма и щелочно-карбонатитового. Игнорирует эту проблематику. Также остается вопросы с Лугингольским карбонатитовым массивом (250млн. лет). Что сильно упрощает для автора модель развития карбонатитового магматизма в районе.

В главе 2 диссертации приводится очень краткое описание массива, причем половина главы описывает тектоническое строение района. Описание достаточно формальное, остается не очень понятным местоположение массива в геологической истории вулканизма Мезозоя и Палеозоя взаимоотношения с другими вулканическими комплексами и контролирующими тектоническими структурами. Конечно это достаточно сложная тема, но может быть тогда стоило бы остановиться на региональных геологических структурах, а глобальное описание оставить как ссылку на работу Nikiforov & Yarmolyuk, 2019.

Глава 3 посвящена геохронологии пород комплекса. Автор приводит результаты собственных детальных исследований возраста главных типов пород комплекса Ar-Ar методом. Возможно в этой части работы следовало привести литературные данные по возрасту массива выполненные другими авторами (Yang et al., 2021), или предполагаемыми на основании геологических соотношений с вулканическими и вулканогенно-осадочными толщами других возрастов (Ярмолук и др. 2020).

Глава 4 посвящена геохимии и минералогии пород комплекса. Поскольку в дальнейшем автор достаточно большое внимание уделяет флюидно-магматическим взаимодействиям. В этой главе можно было бы более детально остановиться на распределении F-Cl-S в апатите, как наиболее чувствительной к составу флюидного компонента сквозной минеральной фазе. Следовало бы привести сопоставление с составами апатитов из других щелочно-карбонатитовых массивов. Не ясно из текста наблюдается ли в породах комплекса реакция апатит – монацит. Вообще реакции минералов и смена минеральных ассоциаций различных возрастных этапов описаны слабо, и слабо иллюстрированы фотографиями.

Глава 5 посвящена изотопно-геохимическим характеристикам пород комплекса (название главы отсутствует в оглавлении диссертации). Интересным моментом, не отмеченным автором, является отсутствие апатитовых составов в серии. Так ли это? Дифференциация серии смещается в область более высокой глиноземистости и кремнеземистости. С чем это связано? Судя по предполагаемым автором реакциям церий должен менять валентность - окисляться (стр. 44 диссертации), что вероятно должно отразиться на появлении на графиках аномалии церия. Этого не наблюдается. Огромный материал получен автором по изотопии кислорода и углерода в минералах и породах карбонатитов. К сожалению, он почти не вошел в автореферат.

Глава 6 посвящена исследованию состава микровключений в минералах, оценки эволюции флюидной фазы при формировании пород массива. Это один из наиболее интересных и оригинальных разделов работы.

Глава 7 посвящена экспериментальному моделированию растворения апатита на основе природных кристаллов из магнетит-апатитовых пород. Использовались сульфатные и хлоридные растворы. Выбор растворов определялся видимо результатами исследования флюидных включений в апатите. В растворах в качестве модельного компонента для переноса редкоземельных элементов использовался сульфат лантана. Можно критиковать автора за выбор лантана в ряду компонентов и отсутствия в растворах карбонатов редких земель, но сам подход очень интересен и получены важные данные по моделированию разложения магнетита и формированию фосфосидерита, по переносу в растворах редкоземельных элементов. В этом разделе автор мог бы рассмотреть литературные данные по устойчивости разных комплексов при переносе редкоземельных элементов (Williams-Jones et al., 2012; Широносова & Прокопьев 2017).

Глава 8 состоит из ряда независимых разделов, представляющих собой выводы по предыдущим главам. Это достаточно оригинальное стилистическое решение автора мне представляется не очень удачным. Предыдущие главы остаются без выводов, а разделы последней главы оторваны от фактического материала.

Раздел 8.1 соответствует содержанию главы 3 и здесь приводится анализ соотношения датировок данных другими авторами. Вывод о длительности этапа карбонатитообразования должен кроме данных по возрасту пород Мушугай-Худук учитывать и возраст из других массивов и тогда этот интервал значительно увеличится. Если уж говорить о позднемезозойского щелочного карбонатитового магматизма в пределах всей провинции, а если учитывать и более поздние массивы (250млн. лет) то интервал станет еще больше.

Раздел 8.2 соответствует содержанию главы 5 и частично касается данных из раздела главы 7. В нем обосновывается вывод об образовании магнетит-апатитовых пород в результате жидкостной Fe-P-силикатной несмесимости. Также рассматривается роль флюид-расплавного и гидротермального взаимодействия в генезисе Мушугай-Худук комплекса. Подчеркивается высокие содержания сульфатов в исходных магмах и в последующих гидротермальных расплавах. Автор справедливо указывает на высокий кислородный потенциал обеспечивающий такое поведение серы. В этой связи интересно было бы сопоставить режим серы в Гулинском карбонатитовом комплексе где K-Cl-S связывается в сульфидах типа джефершерита, а не сульфатах (Сорохтина и др. 2019). В этом же разделе автор делает попытку объяснить причины относительно не высоких содержаний TR в породах Мушугай-Худук комплекса. Почему собственно в этом комплексе мы не видим аналога месторождения мирового гиганта Баян-Оба и возможно ли здесь обнаружить такие же богатые руды.

Раздел 8.3 соответствует содержанию главы 5 в части оценки изотопных характеристик пород комплекса. Делается вывод о роли контаминации при формировании карбонатитов комплекса, оценивается роль разных источников содержащего субдуцированный материал. Предлагается ряд геохимических моделей этих процессов.

Раздел 8.4 касается более детального описания апатит-магнетитовых пород комплекса Мушугай-Худук (наиболее логично ему соответствует глава 5). Делается вывод о существенных отличиях от всех типов известных пород такого состава по геохимическим характеристикам. Однако автор, в конце концов, склоняется к отнесению их к группе фоскоритов. Надо отметить, что фоскориты в настоящее время плохо изучены, и говорить об их обогащённости Nb-Zr, как о типоморфной особенности нет оснований. Поэтому в этом плане вывод автора о близости к фоскоритам изученной ассоциации вполне адекватен.

В заключении автор приводит формулировки шести основных выводов по генезису комплекса Мушугай-Худук.

Представленная на отзыв диссертация отличается широтой рассмотрения проблемы генезиса карбонатитового комплекса Мушугай-Худук. Представлены новые данные по геологии, геохимии, минералогии, изотопии. Выполнены экспериментальные исследования по переносу TR в гидротермальных растворах. На основе полученных автором изотопных данных построены количественные геохимические модели формирования карбонатитов. Оценены характеристики мантийных источников магматизма. Представлен интересный обзор геохимической характеристик фоскоритоподобных магнетит-апатитовых пород. Большинство полученных автором данных является полностью оригинальными, представляют большой интерес для понимания фундаментальных закономерностей процессов эволюции щелочного магматизма и образования карбонатитов.

Текст работы логичен, изложение результатов ясное.

Замечания к работе носят скорее дискуссионный характер и ни в коем случае не умаляют ее достоинства.

Не смотря на, достаточно сложную комплексный характер проведенных исследований, автору удалось согласовать их результаты в единую картину генезиса карбонатитов. Полученные данные вносят значительный вклад в понимание генезиса карбонатитовых комплексов в других массивах Мира. Впечатляет список используемых автором аналитических методов.

Напротив, большое количество вопросов к работе вызвано интересными и новыми результатами, полученными автором. Николенко Анна Михайловна заслуживает присуждение ей ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности по специальности 1.6.3 «Петрология, вулканология».

Асавин Алексей Михайлович

Канд. г.м.н.

Научный сотрудник

Лаборатории геохимии и рудоносности щелочного магматизма

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского

119991 Москва, Ул. Косыгина 19

[www.geokhi.ru](http://www.geokhi.ru)

[aalex06@inbox.ru](mailto:aalex06@inbox.ru)

89163279948

Я Асавин Алексей Михайлович даю согласие на включение своих персональных данных в документы связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

10.11.2021г.

Подпись Асавина АМ заверяю

Подпись руки  
удостоверяю

Зав. канцелярией ГЕОХИ РАН



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature: Алексей Сергеевич]*  
*[Handwritten signature: Черунова]*