

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кхлифа Незара «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семинской свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – петрология, вулканология.

Актуальность представленной работы сомнения не вызывает. До сих пор ведется дискуссия о происхождении эффузивов усть-семинской свиты, среди которых выделялись диопсид-порфировые базальты (Гибшер и др., 1997) и бониниты (Добрецов и др., 2004). Определение природы и геодинамической обстановки формирования этих пород важно для реконструкции истории геологического развития Горного Алтая. Интерес к проявлениям анкарамитового магматизма связан и с тем, что родоначальной магмой для платиноносных габбро-пироксенит-дунитовых массивов урало-аляскинского типа некоторыми авторами предполагаются именно анкарамиты (Irvine, 1973; Пушкарев и др., 2018). Рассматриваемые в работе интрузии барангольского комплекса, как аналоги массивов урало-аляскинского типа, могут быть источником установленных в Алтае-Саянской складчатой области золото-ферроплатиновых россыпей.

Основной целью диссертационной работы Кхлифа Незара является «обоснование модели формирования эффузивов усть-семинской свиты и интрузий барангольского комплекса». Автор провел детальное петрографическое, минералогическое и геохимическое изучение эффузивных, интрузивных пород и клинопироксена; на основе полученных и литературных данных обсудил процессы, источники и геодинамическую обстановку формирования эффузивов усть-семинской свиты и интрузий барангольского комплекса. Изучались образцы (71 шт), в том числе лично отобранные автором. Работа выполнена с применением современных методов анализа: SEM-EDS, LA-ICP-MS, ICP-MS, XRF. Автором впервые среди пород усть-семинской свиты выделены анкарамиты и обоснована возможность отнесения интрузивов барангольского комплекса к платиноносному Урало-Аляскинскому формационному типу. Также показана возможность формирования эффузивов усть-семинской свиты и интрузивов барангольского комплекса в надсубдукционной геодинамической обстановке.

Диссертация Кхлифа Незара состоит из одного тома объемом 135 стр., в том числе 30 рисунков и 9 таблиц. Текст состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Список литературы включает 132 наименования.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, новизна, практическая значимость, защищаемые положения, кратко описан фактический материал, методы исследования и личный вклад автора, приведен список опубликованных работ по теме диссертации.

В первой главе на основе литературных данных описаны петрографические, минералогические и геохимические характеристики анкарамитов, приведены критерии их выделения и существующие модели генезиса. Кроме того, обсуждаются возможные геодинамические обстановки формирования анкарамитов. Первая глава позволяет получить представление о состоянии изученности проблемы анкарамитового магматизма, то есть автор демонстрирует хорошее знание литературы. Замечаний к первой главе нет.

Во второй главе на основе литературных данных приводится информация о геологическом положении и изученности пород усть-семинской свиты и барангольского комплекса в составе Катунского аккреционного комплекса позднепротерозойско-раннекембрийского возраста (Горный Алтай). Замечаний ко второй главе нет.

В третьей главе приведены полученные автором результаты детального петрографического, минералогического и геохимического изучения пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса.

Замечание к главе 3:

- Отсутствует описание текстур и структур перидотитов и габбродиоритов Барангольского массива.

- Судя по тексту диссертации, микролиты (An 59-77) имеют более основной состав, чем вкрапленники плагиоклаза (An 49-68), что непонятно, нужна интерпретация.

- Пироксенитовые ксенолиты из пикритов, секущих породы Апшухтинского массива, описываются как породы массива. Необходимо обоснование возможности этого.

- Непонятно, с какой целью изучались пикриты.

- «Точки составов хромшпинели из пород усть-семиинской свиты и габбро участка Чобурак попадают в поле островодужных систем, однако хромшпинели из пород Апшухтинского и Барангольского массивов смещаются в сторону поля срединно-океанических хребтов (см. рис. 3.5a)», видимо, нужно было написать, что точки их состава попадают в поле состава хромшпинели из интрузивов Урало-Аляскинского типа, что более важно в контексте работы.

- Для характеристики минерального состава оливинных вкрапленников вулканитов усть-семиинской свиты, по-видимому, можно было использовать анализы предыдущих исследователей.

- Судя по петрографическому описанию пород, они имеют вторичные минералы, то есть подверглись метаморфическому преобразованию. В некоторых изученных образцах наблюдается карбонатизация, очевиден привнос CaO в породы. Известно, что в породах основного состава $Na_2O + K_2O$ и LILE подвижны при постмагматических изменениях (например, Pearce J.A. Immobile element fingerprinting of ophiolites // Elements, 2014, v. 10, p. 101-108). Несмотря на то, что автор провел фильтрацию аналитических данных и рассматривает только образцы со значением потерь при прокаливании менее 5%, это не отменяет необходимости оценки подвижного/неподвижного поведения элементов, которые используются для классификации и петрогенетических построений. Также можно рекомендовать автору использовать на диаграммах составы, пересчитанные на безводный остаток. На классификационной диаграмме $SiO_2-Na_2O+K_2O$ (рис. 3.6) точки состава части образцов диопсид-порфиновых базальтов усть-семиинской свиты соответствуют умеренно-щелочным породам, в то время как остальные – породам нормальной щелочности. Но, если это одна серия, как предполагает автор, то единственное объяснение – подвижность щелочей при постмагматических изменениях пород. На мой взгляд, более корректно было бы применить классификационную диаграмму Nb/Y – Zr/Ti [Pearce, 2014], использующую более консервативные при вторичных процессах редкие элементы.

- Непонятно, как может происходить переход пород толеитовой серии в известково-щелочную (стр.57).

- После обсуждения петрохимических характеристик пород усть-семиинской свиты отсутствует четкий вывод. Непонятно: одна ли это серия пород, это породы нормальной щелочности или умеренно-щелочные, или есть и те и другие? Породы относятся к толеитовой серии ?

- Хотя на всех диаграммах показаны составы анкармитов по литературным данным, в тексте этого раздела сопоставления с ними нет.

В четвертой главе приведены полученные автором результаты минералогического геохимического изучения клинопироксена из эффузивов усть-семиинской свиты и интрузий барангольского комплекса Горного Алтая. Обсуждаются особенности

петрогенного и редкоэлементного состава клинопироксена, изоморфные замещения в клинопироксеновых вкрапленниках из пород усть-семиинской свиты, P-T условия формирования изученных автором эффузивных и интрузивных пород на основе расчетов, сделанных по однопироксеновому геотермобарометру, а также делается оценка геодинамической обстановки формирования пород по составу клинопироксена.

Замечания к главе 4:

- Вывод о том, «что клинопироксен этих двух условных породных групп (базальтов и анкармитов) по содержаниям основных компонентов не различается и может быть отнесен к одной и той же популяции», сделан только на основании того, что «состав клинопироксенов из эффузивов усть-семиинской свиты показывает отрицательную корреляцию Mg# с содержаниями TiO₂, Al₂O₃ и Na₂O и положительную корреляцию с содержанием Cr₂O₃». В тексте нет сопоставления составов клинопироксеновых вкрапленников из «базальтов» и «анкармитов» усть-семиинской свиты, кроме того, вывод сделан до обсуждения редкоэлементного состава клинопироксенов этих двух групп.

- Было бы хорошо показать и сравнить полученные P-T оценки процесса кристаллизации для выделенных автором «базальтов» и «анкармитов», а в тексте приведены усредненные данные для эффузивов усть-семиинской свиты.

- Для анализа геодинамической обстановки формирования базальтоидов на дискриминационных диаграммах обычно используют наиболее примитивные составы, чтобы исключить влияние процесса кристаллизационной дифференциации, так как именно первичный состав расплава отражает геодинамическую обстановку. В данном случае надо было использовать наиболее магнезиальные составы центров клинопироксеновых вкрапленников. Тогда бы не получилось, как пишет автор, что центры вкрапленников Cr_x имеют такой же состав, как Cr_x, кристаллизовавшиеся из расплава нормальной щелочности, а края вкрапленников и Cr_x основной массы - такой же состав, как Cr_x из умеренно-щелочных и щелочных расплавов. Или автор предполагает, что формирование рассматриваемых эффузивных и интрузивных пород происходило при участии расплавов разной щелочности?

В пятой главе приведены представления автора о процессах, источнике и геодинамической обстановке формирования диопсид-содержащих эффузивов усть-семиинской свиты и интрузий барангольского комплекса Горного Алтая, основанные на результатах проведенного исследования и литературных данных. Они выглядят убедительными. Кроме того, в этой главе проводится сопоставление пород барангольского комплекса с платиноносными интрузиями Урало-Аляскинского типа и обсуждение возможности первых быть коренным источником известных в Алтае-Саянской складчатой области золото-ферроплатиновых россыпей.

Замечание к главе 5:

Автор пишет, что породы усть-семиинской свиты «относятся, в глобальном смысле, к толеитовой серии». Это заявление декларативно, так как нигде в тексте диссертации не обсуждается. Как известно, толеитовая серия эволюционирует с обогащением $\sum\text{FeO}$ (Июдер и Тилли, 1965; Wilson, 1989 и др.). Вариационная диаграмма MgO – $\sum\text{FeO}$ в диссертации не приведена, однако если построить ее по данным из табл. 3.5 (с использованием только анализов с п.п.п. < 5%, как сделал автор), то мы увидим отсутствие обогащения $\sum\text{FeO}$ по мере уменьшения MgO для представленной выборки анализов. На каком основании породы усть-семиинской свиты отнесены к толеитовой серии? Кстати, в используемой автором в литературном обзоре выборке анкармитов обогащение $\sum\text{FeO}$ также не наблюдается (рис. 1.7д).

В главе «Заключение» приводятся основные выводы, полученные в результате проведенного исследования.

К первому защищаемому положению замечаний нет.

Второе защищаемое положение: «Клинопироксен из пород усть-семинской свиты и барангольского комплекса по составу основных компонентов и микроэлементов относится к одной популяции и не является ксеногенным как предполагалось ранее».

Замечания: На мой взгляд, неудачно использован термин «популяция». Вывод о нексеногенности клинопироксена основан на том, что его состав не такой, как состав «клинопироксена из лерцолитов комплекса горы Солдатская офиолитов Камчатского Мыса (Батанова и др., 2014), которые были выбраны для сопоставления как наиболее вероятный и типичный источник ксеногенного мантийного клинопироксена». Но источник мог быть другим. Нужно было показать равновесность клинопироксена с анкармитовым расплавом. Это можно сделать путем расчета $Mg\#$ расплава, равновесного к наблюдаемому составу клинопироксена (его $Mg\#$), и сопоставления с $Mg\#$ расплавных включений из аналогичных пород Горного Алтая (Buslov et al., 1993; Симонов и др., 2010) или с $Mg\#$ пород в целом.

К третьему защищаемому положению замечаний нет.

Диссертационная работа Кхлифа Незара «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семинской свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)» представляет собой научное исследование, выполненное на актуальную тему. Оно обладает новизной и научной значимостью, так как полученная информация вносит вклад в понимание процессов формирования раннепалеозойских вулканогенных толщ и интрузивных комплексов Катунской аккреционной зоны Горного Алтая и геологической истории этого региона. Защищаемые положения обоснованы. Основные положения диссертации опубликованы в виде двух статей в журналах, включенных в систему цитирования WOS: «Геология и геофизика» и «Minerals». Автореферат отражает содержание диссертации. На основании изложенного выше, считаю, что, рассматриваемая диссертация удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842 с изменениями), а ее автор, Кхлиф Незар, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – петрология, вулканология.

Официальный оппонент

Горнова Марина Аркадьевна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П.Виноградова Сибирского отделения Российской Академии Наук.
Адрес: 664033, г. Иркутск, Фаворского 1А. Телефон: (3952)42-66-00, факс: (3952)42-65-00, адрес электронной почты: magornova@yandex.ru

Я, Горнова Марина Аркадьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.
11 марта 2022 г.

Подпись Горновой М.А.
ЗАВЕРЯЮ Порашин
Зав. канцелярией
ИГХ СО РАН Горнов

