

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 24.1.050.01 по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук по научным специальностям: 1.6.3 – «петрология, вулканология» и 1.6.10 – «геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» (геолого-минералогические науки) при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН)

г. Новосибирск

28 марта 2022 г.

Председатель диссертационного совета д.г.-м.н.

А.Э. Изох

Ученый секретарь диссертационного совета д.г.-м.н.

О.М. Туркина

ЗАЩИТА ПРОВОДИТСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА

Присутствовали члены диссертационного совета:

*Доктора наук по специальности защищаемой диссертации
1.6.3*

очно: А.Э. Изох, О.М. Туркина, А.В. Корсаков, Н.Н. Крук,
Ф.П. Леснов, В.В. Рябов, В.А. Симонов (всего – 7).

доктора наук по специальности 1.6.10

очно: В.Н. Шарапов, А.С. Борисенко, И.В. Гаськов, А.Г. Дорошкевич, Ю.А. Калинин, И.А. Калугин, М.П. Мазуров,
В.А. Пономарчук, Е.Ф. Сиякова, Н.Д. Толстых (всего – 10);

официальные оппоненты, д.г.-м.н., Горнова Марина
Аркадьевна (г. Иркутск) – **дистанционно**,
к.г.-м.н. Пушкарев Евгений Владимирович (г. Екатеринбург)
– **очно**.

доктора геолого-минералогических наук:

дистанционно: С.В. Хромых, В.В. Врублевский (г. Томск);

кандидаты геолого-минералогических наук:

очно: А.В. Вишневский;

дистанционно: Р.А. Шелепаев, Т.В. Светлицкая, А.В. Котляров, В.П. Чупин, Г.С. Федосеев;

кандидаты физико-математических наук:

дистанционно: С.В. Горайнов;

научные сотрудники:

дистанционно: М.О. Шаповалова;

инженеры:

дистанционно: О.А. Спичак, Е.Д. Греку;

аспиранты:

дистанционно: Нго Тхи Хыонг (НГУ).

Защита диссертации Кхлифа Незара «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семиной свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 — «петрология, вулканология».

Добрый день! Время 11.00 часов мы можем начинать заседание диссертационного совета.

Из 23 членов совета присутствует в зале 17, в интерактивном режиме – 0, докторов наук по специальности 1.6.3 «Петрология, вулканология» - 7 специалистов и докторов наук по специальности 1.6.10 – «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» - 10. Один оппонент присутствует на защите очно: Евгений Владимирович Пушкарёв и Марина Аркадьевна Горнова присутствует в интерактивном режиме.

Таким образом, совет уполномочен проводить защиту. Я предоставляю слово ученому секретарю совета - Ольге Михайловне Туркиной.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: Сегодня 28 марта 2022 года, 11.00 часов.

Очередное заседание диссертационного совета 24.1.050.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям: 1.6.3 - «петрология, вулканология» и 1.6.10 - «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения». Заседание проводят председатель совета доктор геолого-минералогических наук Андрей Эмильевич Изох и ученый секретарь совета доктор геолого-минералогических наук Ольга Михайловна Туркина.

Изох А.Э., председатель совета: Итак, повестка дня: Защита диссертации Кхлифа Незара «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семиной свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 — «петрология, вулканология».

Научный руководитель:

- кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Вишневский Андрей Владиславович.

Официальные оппоненты:

- кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией петрологии магматических формаций Института геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Пушкарёв Евгений Владимирович присутствует на заседании лично.

- доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Горнова Марина Аркадьевна – присутствует в интерактивном режиме;

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.

Туркина О.М., ученый секретарь совета:

Справка о соискателе. Соискатель: Кхлиф Незар, 1989 года рождения.

Диссертация «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семиинской свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)» выполнена в ФГБУ Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

В период подготовки диссертации Незар Кхлиф работал в ИГМ СО РАН в лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций (№ 211) в должности инженера.

В 2017 году Незар Кхлиф окончил магистратуру геологического факультета Иркутского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет») по направлению подготовки 05.04.01 Геология. Обучался в аспирантуре Новосибирского государственного университета с 2017 по 2020 год.

Научный руководитель: Вишневский Андрей Владиславович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Соискатель Незар Кхлиф имеет 5 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации - 5, из них 2 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

С 2017 г. по настоящее время объектом исследований Кхлифа Незара являются эффузивы усть-семиинской свиты и интрузивы барангольского комплекса (Горный Алтай).

Диссертация принята к защите 24 января 2022 года.

Полный текст диссертации и отзыв научного руководителя размещены на официальном сайте ИГМ СО РАН 13 января 2022 г. Дата первичной публикации текста объявления о защите и автореферат диссертации в «Электронной базе диссертаций и авторефератов» на официальном сайте ВАК и на официальном сайте ИГМ СО РАН – 24 января 2022 г. Текст диссертации проверен с помощью системы «Антиплагиат».

Экземпляр диссертации и 2 экземпляра автореферата переданы в библиотеку ИГМ СО РАН 25 января 2022 г. Автореферат разослан 24 февраля 2022 года. Все отзывы на диссертацию и на автореферат, поступившие в диссовет, своевременно размещены на официальном сайте ИГМ СО РАН.

Все необходимые документы в деле имеются и соответствуют установленным требованиям.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо! Вопросы по личному делу есть у членов совета? Нет. Тогда я предоставляю слово соискателю для изложения основных положений работы. 20 минут. Пожалуйста.

Кхлиф Н.: Излагает основные положения диссертации (доклад прилагается)

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Вопросы к докладчику? Шарапов Виктор Николаевич, член совета.

Шарапов В.Н., член совета: Скажите, пожалуйста, чем субдукционная обстановка плавления пород отличается от другой?

Кхлиф Н.: Когда погружается плита, под другой плитой участвуют карбонатные образования, т.е. образования океанической коры, в том числе карбонаты. а также морские воды и получается что образуются породы с вкрапленниками, т.е. породы с порфировой структурой. Еще будет смещение.

Шарапов В.Н., член совета: Скажите, сама это обстановка субдукционно-связанная это что? Это происходит перемешивание состава пород разреза и эта смесь плавится или у вас просто плавится тот пакет пород, который погружается.

Кхлиф Н.: Не просто плавится, есть ещё дополнительные, смешение с образованиями земной коры. Все выплавляется и поднимается.

Шарапов В.Н., член совета: Спасибо. Скажите, когда вы исследуете все эти комплексы почему не используйте элементарные методы статистической обработки, где просто показывается соотносятся они или не соотносятся, я ни одного примера не видел. Просто вариационные кривые. То, что, собственно говоря, является главным критерием, тогда, когда рассматриваются массивы матричной информации.

Кхлиф Н.: Да вы правы. У меня большой материал, кроме того породы барангольского комплекса мало дискуссионные, поэтому найти литературные данные очень сложно.

Шарапов В.Н., член совета: Просто не использовали. Хорошо. Скажите, как в зависимости от давления в разрезе магматических камер или в эффузивных процессах меняется минеральный состав.

Кхлиф Н.: Мы оценили температуры и давления, и видим, что для ядерных частей высокое давление, а для краевых – низкое. Для исходного расплава было высокое давление.

Шарапов В.Н., член совета: Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Еще вопросы? Леснов Феликс Петрович, член совета.

Леснов Ф.П., член совета: У меня несколько вопросов для (барангольского) комплекса. Наблюдали ли в коренных обнажениях непосредственно отношение между ультраосновными разновидностями и пироксенитами и габброидами, видели ли контакт?

Кхлиф Н.: Эти породы сильно изменены, было очень трудно определить и задокументировать этот контакт между фазами.

Леснов Ф.П., член совета: Хорошо. Второй вопрос у меня такой: в барангольском комплексе, в разных массивах широкий спектр ряд петрографических разновидностей. С чем вы связываете это разнообразие. Каким процессом можно объяснить, что такие разные породы оказываются в одном комплексе? Что это за процесс вы считаете?

Кхлиф Н.: Образования этих пород было в промежуточных камерах, там было длительное время, фракционирование и кристаллизация. Эти также были для эффузивов усть-семиинской свиты, имеющие широкие вариации по содержанию MgO .

Леснов Ф.П., член совета: Хорошо. В промежуточных камерах одновременно внедрялись расплавы, там может быть дифференциация?

Кхлиф Н.: может быть не только одна магматическая камера, может быть две, три. Мы не можем определить.

Леснов Ф.П., член совета: Разновременно?

Кхлиф Н.: Да.

Леснов Ф.П., член совета: последний, эффузивный комплекс усть-семинский и барангольская плутоническая фация, хотя она малоглубинная. С чем связано то, что они оказались на одном эрозионном срезе, почему? Одинаковые по составу: одни плутонические, а другие излившиеся. И вот вы их наблюдаете на одной поверхности?

Кхлиф Н.: Для эффузивов были вулканы, а для плутонических через дайки и так далее.

Леснов Ф.П., член совета: и последний, не допускайте ли вы возможно, что расплавы были выплавлены из мантийного субстрата, что поступает в кору, они каким-то образом меняют свой состав за счет контаминации и взаимодействия?

Кхлиф Н.: Да. Мы уже показали, что для Бийской постройки в отличии от других было смешение.

Леснов Ф.П., член совета: Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Толстых Надежда Дмитриевна, член совета.

Толстых Н.Д., член совета: Вы сопоставляете свои породы с породами Урало-Аляскинского типа. Скажите, пожалуйста, вы считаете, что анкарамиты является исходным расплавом для всех массивов Урало-Аляскинского типа.

Кхлиф Н.: Да. Я так считаю.

Толстых Н.Д., член совета: Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета:Спасибо. Есть ещё вопросы? Рябов Виктор Владимирович, член совета.

У меня несколько вопросов. Прежде всего какая мощность анкарамитов?

Кхлиф Н.: Точно не помню, но большая мощность.

Рябов В.В., член совета: Сколько образцов отбирали по одному разрезу?

Кхлиф Н.: По разному, 3 - 5.

Рябов В.В., член совета: Присутствует ли зависимость направленность изменение состава пород или минералов сверху вниз по разрезу.

Кхлиф Н.: На этом рисунке показано взаимоотношение вкрапленников.

Рябов В.В., член совета: По разрезу по одному покрову сверху вниз отбирали пробы и из них анализировали минералы, есть изменение?

Кхлиф Н.: Нет изменения состава.

Рябов В.В., член совета: Спасибо. На фотографии шлифов видно, что клинопироксен анкармитов имеет аномалии цвета интерференции. Скажите, чем объясните это?

Кхлиф Н.: Более фракционирование вкрапленников клинопироксена, получается они в одном месте.

Рябов В.В., член совета: А состав различается?

Кхлиф Н.: Нет не различается?

Рябов В.В., член совета: Скажите, почему у вас нет информации о поведении железа, и не проводится содержания железа.

Кхлиф Н.: Мы показали наиболее важные компоненты.

Рябов В.В., член совета: Как объясняете высокие содержание Al_2O_3 в клинопироксене.

Кхлиф Н.: Это связано с фракционированием оливин-клинопироксеновой котектики.

Рябов В.В., член совета: не понятно, но ладно. Скажите, что можете сказать о поведении хрома в клинопироксене, т.е. есть хром минералообразующий и есть примесный. У вас может быть представление о поведении хрома.

Кхлиф Н.: К сожалению, у меня нет таких представлений.

Рябов В.В., член совета: Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Еще вопросы? Туркина Ольга Михайловна, член совета.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: Скажите пожалуйста, вы строите ваше обоснование происхождения пироксена как собственного минерала вулканитов на том, что он отличается пироксена из ультрамафитов, в чем вообще причина, почему клинопироксена из ваших вулканитов отличаются по составу от тех клинопироксена, с которым вы сравниваете?

Кхлиф Н.: Потому что исходный расплав был обогащён хромом.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: Я имела ввиду не содержание хрома, а распределение редкоземельных элементов, наибольшее отличие у вас по содержанию лёгких лантаноидов.

Кхлиф Н.: Это зависит от исходного расплава, деплетируемого или обогащённого.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: Вам представляется генезис клинопироксена в ультрамафитах.

Это кристаллизация из расплава или фаза реститовая?

Кхлиф Н.: Да это фаза реститовая.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Еще вопросы? Нет. В интерактивном режиме есть еще желающие задать вопрос? Нет. Тогда я задам вопрос. Субдукционная островодужная природа этих анкарамитов обосноваться только на геохимических данных или есть геологические признаки позволяющие говорить, что это фрагмент островной дуги?

Кхлиф Н.: Отнесение это по геохимии пород и расплавных включений, по геологии это дайки, т.е. признаки субдукции?

Изох А.Э., председатель совета: Но обычно в субдукционной имеем большой объем андезитов, а у вас практически только до монцодиоритов доходят даже средних нет да?

Кхлиф Н.: Да для эффузивов мы выбрали наиболее основные, наиболее обогащенные вкрапленниками клинопироксена. В работе Гибшера есть пробы, более обогащенные кремнезёмом.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Нет больше вопросов. Тогда предоставляю слово научному руководителю. Вишневский Андрей Владиславович.

Вишневский А.В.: Добрый день, уважаемые члены совета! Незар поступил в аспирантуру Новосибирского государственного университета изначально и выполнял свою работу в лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций нашего института. С ним было весьма приятно работать. Он, несмотря на то, что имел изначально больше трудности с русским языком, быстро его подтянул. Самостоятельно работал с литературой и самостоятельно выполнял задачи, которые ему ставились. Т.е. в отличие от многих наших, в том числе наших студентов и аспирантов он смог и вполне работать самостоятельно писал, готовил тексты и обработал всю первичную информацию. Работал с шлифами, шашками, исследовал на сканирующем электронном микроскопе. Также делал анализ и обработал фактуру и участвовал в экспедиционных работах. Считаю, что задачи, поставленные в работе им выполнены успешно. Хочу пожелать ему удачи в дальнейшей работе и успехов. Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Я предоставляю слово ученому секретарю для оглашения материалов.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: заключение организации, т.е. Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, утверждено директором института Круком Николаем Николаевичем. Это заключение вполне традиционно, в нем присутствуют все необходимые моменты, касающиеся актуальности диссертационного исследования, подчеркивается доминирующий личный вклад соискателя в получении результатов и интерпретаций, обосноваться степень достоверности полученных данных, научная новизна и

практическая значимость, которая состоит в корреляции массивов барангольского комплекса с массивами Уральско-Аляскинского типа, которые являются потенциально рудоносными. Указаны основные публикации соискателя, включающие в список ВАК и другие публикации.

Отзыв ведущей организации «Томский государственный университет». Он подготовлен и подписан заведующим кафедрой динамической геологии, доктором геолого-минералогических наук по специальности «петрология, вулканология», Врублевским Василием Васильевичем и заведующим кафедрой петрографии, доктором геолого-минералогических наук по специальности «петрология, вулканология», Чернышовым Алексеем Ивановичем.

Диссертация посвящена изучению вещественного состава среднекембрийской вулканоплутонической ассоциации в Катунской аккреционной зоне Горного Алтая, представленной субщелочными диопсид-содержащими базальтами усть-семинской свиты и комагматичными ультрамафит-мафитовыми интрузиями барангольского комплекса. Полученные минералого-геохимические данные позволяют рассмотреть принципиальную модель развития подобного магматизма и оценить рудный потенциал изверженных пород.

Актуальность, научное и практическое значение работы. Существующие представления о природе источников, геодинамических условиях генерации и эволюции высоко-Са магнезиальных базитовых (толеитовых?) магм во многом остаются дискуссионными. Главным образом, это касается суждений о составе, Р-Т параметрах и степени плавления магматических протолитов, масштабах и характере фракционирования магм, участии флюидов и процессов мантийно-корового взаимодействия. В этом отношении изученная вулканоплутоническая ассоциация Горного Алтая может считаться показательным примером такого раннепалеозойского магматизма. Полученные соискателем аналитические результаты позволили: (1) выделить в составе усть-семинской свиты т. н. анкарамиты как самостоятельную диопсид-содержащую разновидность порфировых меланократовых базальтов, (2) установить сходство комагматичных им интрузивов барангольского комплекса с платиноносными ультрамафит-мафитовыми плутонами Урало-Аляскинского типа, (3) выявить особенности петрогенезиса, (4) обосновать формирование изверженных пород в обстановке активной континентальной окраины. В итоге проведенных исследований допускается вероятность выплавления мафитовой магмы из верлитизированного субстрата литосферной мантии. Отмеченные аспекты диссертационной работы имеют важное фундаментально-научное и практическое значение для магматической петрологии.

В основу диссертации положены результаты минералого-петрографических и геохимических исследований магматических горных пород (~70 представительных образцов) усть-семинской вулканической свиты и ассоциирующих интрузий барангольского комплекса. Их структура и состав изучены современными прецизионными методами анализа вещества в Аналитических центрах ИГМ СО РАН (Новосибирск), ИГТ УрО РАН (Екатеринбург), ИМ УрО РАН (Миасс).

По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science, 1 статья в зарубежном научном журнале, входящем в Scopus).

На основании полученных результатов выдвигаются три защищаемых положения, мы их слышали. Исходя из содержания диссертации и опубликованных соискателем результатов, защищаемые положения выглядят обоснованными. В качестве замечания отметим, что при формулировке третьего защищаемого положения применяется термин «субдукционно-связанная» (обстановка). Очевидно, это дословный и не совсем удачный перевод на русский

язык словосочетания «subduction-related». Кроме того, в автореферате нет последовательности и единого стиля изложения результатов. В разделе «Содержание работы» почему-то упоминаются только первая и вторая главы, а сведения из глав 3, 4, 5 рассматриваются уже в рамках обоснования защищаемых положений.

Содержание работы, дискуссия.

Рецензируемая диссертация объемом 135 страниц состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и списка литературы из 132 наименований, включает 30 рисунков и 9 таблиц.

В главе 1 выполнен обзор представлений о систематике и генезисе анкарамитов и соискатель достаточно ориентируется в затронутых аспектах петрологии. Вместе с тем обзор «перегружен» деталями и повторениями и составляет почти 1/5 объема (23 страницы) содержательной части данной научно-квалификационной работы. Например, для чего здесь приведена таблица 1.1 (4 страницы) химических анализов пород, когда есть литературные ссылки и графики с данными? Также практически не уделяется внимания особенностям состава и происхождения базит-ультрабазитовых плутонов Урало-Аляскинского типа, с которыми сопоставляются изученные интрузии барангольского комплекса.

Глава 2 посвящена вопросам геологии изученных магматических проявлений. Как и представленный обзор, ее содержание основано на литературных сведениях. Учитывая тематику исследований, было бы логичным привести краткое описание стратотипа или какого-нибудь опорного разреза усть-семинской свиты (Зыбин, 2006; приведено несколько разрезов), на их примере показать распределение анкарамитов и диопсид-порфировых базальтов в объеме свиты и, тем самым, оценить эволюцию извержений магмы. Кроме того, стоило указать характер взаимоотношений между породами в массивах барангольского комплекса (например, являются ли серпентинизированные перидотиты-серпентиниты именно его производными?). По петрогеохимии эти серпентиниты соответствуют мантийным реститам, которые могут быть фрагментом офиолитового меланжа.

В главах 3 и 4 рассмотрены минералого-петрографические особенности и химизм изверженных пород. На основании вариаций $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и структурных признаков проведена их типизация, а эффузивы усть-семинской свиты впервые разделены на анкарамнты и диопсид-порфировые базальты, указывающие на происходившую магматическую эволюцию. Важный акцент в исследованиях сделан на изучении вещественного состава породообразующих клинопироксенов, выявлении их зонального строения, P-T параметров и вероятных геодинамических условий кристаллизации.

К содержанию глав 3 и 4 есть несколько замечаний. Во-первых, в связи с принятой классификацией вулканитов следует уточнить: (1) какой критерий для анкарамитов - обилие вкрапленников, соотношение вкрапленников пироксена и плагиоклаза или величина $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$ считается главным? Например, в таблице 3.5 диссертации для некоторых образцов т. н. «Di-базальтов» Бийской, Усть-Семинской, Анос-Емурлинской, Камлакской построек значения $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляют 1.2-2.5; (2) будут ли считаться анкарамнтами высоко-Mg# оливин-клинопироксеновые базальты с $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$, имеющие афировую структуру? Ведь количество вкрапленников во многом зависит от режима кристаллизации расплава, а не только от его химизма. Кстати, соискатель пытается приравнять базальты усть-семинской свиты к анкарамнтам островных дуг по сходству включений расплава в породообразующем клинопироксене (стр. 105). При этом допускается возможное их несоответствие составу первичной магмы (стр. 25 и ссылки там), но тогда любая корреляция между породами и включениями будет сомнительной; (3) насколько значимым критерием для выделения анкарамитов является отношение $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$, учитывая влияние карбонатизации и высокие ППП в анализах изученных пород? Во-вторых, нужно пояснить причины возникновения

зональности разного типа в клинопироксенах, в том числе: (1) чем вызвано увеличение содержание Al_2O_3 в краевой части вкрапленников на фоне снижения магнезиальности минерала (стр. 84)? Обычно более $Mg\#$ ранние ядра его кристаллов образуются при повышенном давлении и, соответственно, содержат больше глинозема; (2) почему в данном случае фиксируются сходные средние значения и вариации давления для зональных вкрапленников клинопироксена и в целом для его кристаллов в разноглубинных изверженных породах (табл. 4.2)? Каким образом происходило гипотетическое обогащение расплава алюминием (стр. 106)? В-третьих, распределение редких рассеянных элементов в изученных вулканитах не так однозначно, как утверждается. Например, предполагаемое сходство со спектрами РЗЭ в анкарамитах островных дуг и толеитовых базальтах Алеутской дуги не выглядит очевидным из-за широкого диапазона нормированных концентраций редких земель в этих породах (рис. 3.9а).

В главе 5 обсуждаются результаты проведенных исследований. Применение новых аналитических данных позволяет соискателю существенно модернизировать петрологическую концепт-модель кембрийского мафитового магматизма в регионе.

Выделим ее главные тезисы: (1) вулканиты усть-семиинской свиты и плутонические породы барангольского комплекса формировались из родоначальной анкарамитовой магмы в обстановке субдукции и сопровождающих ее процессов; (2) глубинные комагматы являются аналогами ультрабазит-базитовых интрузий Урало-Аляскинского типа; (3) для выплавления анкарамитовой магмы в условиях «надсубдукционного клина» необходима предварительная верлитизация мантийного субстрата под воздействием CO_2-H_2O флюидов. В диссертации предполагается, что их вероятными источниками являются либо карбонатные осадки, затянутые в зону субдукции, либо производные птомового карбонатитового магматизма. Очевидно, для подобного вывода о происходившем мантийно-коровом взаимодействии в работе не хватает изотопных данных. Кроме того, в работе применяется термин «островодужные магматические камеры» (стр. 112, 116). Что он означает, где такие камеры располагаются, ведь островные дуги могут быть не только океаническими, но и континентальными?

Заключительный раздел диссертации отражает главные результаты проведенных исследований, а также их научную новизну и ценность.

Общие замечания и рекомендации

Наряду с уже высказанными замечаниями обращаем внимание на следующее:

1. В диссертации предложена принципиальная модель формирования изученной вулканоплутонической ассоциации Горного Алтая (стр. 108). По нашему мнению, это является одним из главных научных результатов проведенных исследований и не совсем понятно, почему не нашло должного отражения в виде защищаемого положения.

2. Экспериментальные данные по проблеме происхождения анкарамитов рассмотрены в работе достаточно детально (стр. 27-32). Однако в своих выводах соискатель не указывает, какой механизм/параметр магомгенерации он считает наиболее предпочтительным (например, степень плавления протолита).

3. Научная новизна исследований не вызывает сомнений, однако следовало бы ограничиться только основными результатами. Отмечаемое соискателем определение микроэлементного состава минералов и пород современными методами является только новым инструментом для достижения цели работы.

4. В разделе «Заключение» диссертации необходимо указывать только оригинальные данные и выводы, показывающие квалификацию соискателя. Поэтому пункты 4-7, 11, констатирующие результаты других исследователей, указывать не обязательно.

5. Графические изображения, например диаграммы распределения химических элементов, явно перегружены деталями, что затрудняет восприятие информации. При таком разнообразии данных не следовало сравнивать все подряд на одном рисунке.

Заключение по диссертации

Автореферат и опубликованные материалы отражают основное содержание диссертации. Уровень проведенного научного исследования соответствует современным квалификационным требованиям. Диссертационная работа «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семиинской свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)» удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13, 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор Кхлиф Незар заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3. Петрология, вулканология.

Отзыв подготовлен заведующим кафедрой динамической геологии Национального исследовательского Томского государственного университета, доктором геолого-минералогических наук, доцентом Врублевским Василием Васильевичем, заведующим кафедрой петрографии Национального исследовательского Томского государственного университета, доктором геолого-минералогических наук, профессором Чернышовым Алексеем Ивановичем.

Отзыв рассмотрен и одобрен на совместном расширенном заседании кафедры динамической геологии и кафедры петрографии. Утверждён проректором по научной и инновационной деятельности Национального исследовательского Томского государственного университета, доктором физико-математических наук, профессором Ворожцов Александр Борисович.

На автореферат поступило 7 отзывов.

1- Кислов Евгений Владимирович, к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории металлогении и рудообразования ФГБУН Геологического института им. Н.Л. Дубрецова СО РАН, г. Улан-Удэ. В то же время работа не лишена недостатков. Это прежде всего неточности в терминах: желательно вместо «содержание кремния» писать «содержание кремнезема», а при характеристике объектов употреблять термин «интрузив», поскольку «интрузия» больше подходит для обозначения процесса магматического внедрения.

2- Рассказова Сергея Васильевича, д.г.-м.н., заведующего лабораторией изотопии и геохронологии Института земной коры СО РАН, Чувашовой Иринф Сергеевны, к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории изотопии и геохронологии Института земной коры СО РАН. Замечания: 1. Выделенная группа анкармитов по отношению $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и геохимическим характеристикам фактически находится на окончании тренда диопсид-порфировых базальтов. 2. На рис. 6 и 7 автореферата диаграммы перегружены, что затрудняет оценку достоверности сделанного автором вывода об отнесении клинопироксенов к одной популяции.

3- Мехоношина Алексея Сергеевича, к.г.-м.н., старшего научного сотрудника Института геохимии им. А.Л. Виноградова СО РАН. К работе и оформлению автореферата есть ряд замечаний: 1) на наш взгляд название диссертационной работы не очень удачное; 2) напрасно автор ограничивает актуальность работы только региональными аспектами; 3) рисунок 6 перегружен информацией, в которой достаточно сложно разобраться; 4) использование термина «популяция» при формулировке второго защищаемого положения является неверным в данном контексте.

4- Альбекова Александра Юрьевича, к.г.-м.н., заведующего кафедрой минералогии, петрографии и геохимии «Воронежский государственный университет». В

качестве уточнения стоит отметить выбранную автором достаточную узкую интерпретацию петрографического термина анкарармит, как исключительно оливин-клинопироксеновые вулканические образования, в то время как классическая отечественная и зарубежная номенклатура подразумевает более обобщенное их выделение как базальтов с оливин-пироксеновыми вкрапленниками.

5- Королькова Алексея Тихоновича, д.г.-м.н., профессора кафедры динамической геологии «Иркутский государственный университет». Замечания: 1) автор не указывает на пространственное взаимоотношение между анкарармитами и диопсид-порфировыми базальтами; 2) из автореферата следует, что изотопно-геохимические исследования не проводились, что ослабляет позиции доказательства выдвинутой модели последовательности формирования эффузивов и комагматичных им интрузий.

6- Арискина Алексея Алексеевича, д.г.-м.н., профессора кафедры петрологии и вулканологии геологического факультета «Московский государственный университет». При обсуждении проблем фракционирования анкарармитовых магм были бы полезны: (1) проецирование валовых составов пород на фазовые диаграммы типа OLIV-CPX-SiO₂ (напр., в трактовке Гроува или Сэка), где показаны тренды смещения Ol-Cpx котектики в зависимости от давления (по экспериментальным данным); (2) нормировки геохимических спектров на составы наиболее примитивных пород и наиболее магнезиальных кристаллов клинопироксена. В генетическом плане это гораздо более эффективный подход, чем нормировки на состав углистых хондритов или примитивной мантии.

7- Шарыгина Игоря Сергеевича, к.г.-м.н., заведующего лабораторией петрологии, геохимии и рудогенеза Института земной коры СО РАН. С точки зрения автора отзыва второе защищаемое положение неудачно сформулировано. Во-первых, в данном контексте неудачно используется термин «популяция», так как рассматриваемые клинопироксены находятся в пространственно-разобщенных породах; в данном случае более корректно говорить о их идентичности с точки зрения состава, и, так им образом, о генетической связи (кристаллизация из близких по составу расплавов, которые имели общий родительский расплав). Во-вторых, если рассматривать защищаемое положение как самостоятельное утверждение, оно является недостаточно информативным. Необходимо было уточнить, что имеются в виду вулканы усть-семиной свиты и интрузивы барангольского комплекса. Кроме этого, следовало указать, что клинопироксены из данных пород имеют магматический генезис и уточнить, что в предполагаемой ранее ксеногенной модели происхождения клинопироксена его источником рассматривались породы литосферной мантии (верлиты и дерзолиты). Однако, следует отметить, что данная информация в полной мере раскрывается в обосновании защищаемого положения. Учитывая небольшой размер, рисунки 6 и 9 перегружены информацией что затрудняет их чтение.

Во всех перечисленных отзывах, поступивших на автореферат, положительная оценка работы Незара Кхлифа, как и отзывы ведущей организации.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо Ольга Михайловна, Есть ли необходимость какие-то отзывы зачитать полностью? Нет необходимости. Спасибо. Тогда я предоставляю слово соискателю для ответа на замечания в отзывах.

Кхлиф Н.: Мы благодарим Василия Васильевича за свои замечания. Я постараюсь ответить на основные моменты. 1- Термин «субдукционно-связанная обстановка». Подразумевается, что на время образования исследованных пород субдукция уже закончилась, но мантия сохранила характерные субдукционные геохимические метки.

2 - Краткое описание стратотипа или какого-нибудь опорного разреза усть-семиной свиты.

У Зыбина имеются разрез по р. Катунь для вулканитов, но я не стал их приводить в своей диссертации, ограничился описаниями и выводами, которые он сделал. Кроме того, ни в одном из интрузивов не удалось детально задокументировать контакт между разными фазами.

3 - Какой критерий для анкармитов считается главным? + будут ли считаться анкармитами высоко-Mg# оливин-клинопироксеновые базальты с $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$, имеющие афировую структуру?

Кальций-алюминиевое отношение $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$ имеет важное значение для выделения анкармитов, высокая величина которого как раз приводит к образованию большого количества клинопироксена при отсутствии кристаллизации плагиоклаза. Если по каким-то причинам вкрапленники не образовались, то есть структура афировая или стекло, такую породу всё равно следует относить к анкармитам. Точно так же как расплавные включения анкармитового состава, о которых я говорил в докладе.

4 - Насколько значимым критерием для выделения анкармитов является соотношение $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$, учитывая влияние карбонатизации

Да, это очень важный вопрос. Я отвечу далее в ответах на вопросы оппонентов.

5 - Чем вызвано увеличение содержания Al_2O_3 в красной части вкрапленников на фоне снижения магнезиальности минерала.

Это направление контролируется фракционированием оливин-клинопироксеновой котектики. Плагиоклаз на этом этапе не кристаллизуется, краевые части вкрапленников клинопироксена становятся менее магнезиальными, увеличивается количество Al, Na и Ti. Когда начинается кристаллизация плагиоклаза содержание алюминия в клинопироксене заметно падает. Мы наблюдаем это по составу клинопироксена в основной массе и во внешних частях вкрапленников.

6 - Почему фиксируются сходные средние значения и вариации давления для зональных вкрапленников клинопироксена.

Оценки давления по мономинеральному клинопироксеновому барометру очень сильно варьируют и для ядер вкрапленников и для краевых частей. Трудно считать их объективными, ведь имеется целый ряд значений давлений и по ядрам и по краям зерен – менее 1/10 килобара, то есть поверхностные условия. Максимальные оценки дают 6 и 4,3 кбар соответственно, а средние получаются очень близкими – около 1,7 кбар. То есть это близповерхностные магматические камеры и кристаллизация в поднимающемся к поверхности расплаве из этой камеры.

7 - В работе не хватает изотопных данных.

Да, действительно важную информацию могут дать данные по изотопному составу стронция и неодима, однако в рамках диссертационной работы таких задач не ставилось.

8 - Какой механизм/параметр магмогенерации он считает наиболее предпочтительным (например, степень плавления протолита).

Я предполагаю механизм, связанный с верлитизацией мантии при участии карбонатных расплавов или флюидов с последующим частичным плавлением. Численные оценки степени частичного плавления мантии в известной мне литературе по анкармитовому магматизму не приводятся, высокие содержания магния и экспериментальные данные показывают, что она должна быть достаточно высокой - от 10 до 40 %.

9 - Что касается того, что модель проявления анкармитового магматизма не вынесена в отдельное защищаемое положение, - основная причина заключается в том, что она слишком дискуссионна и для её подтверждения и уточнения как раз необходимы детальные изотопные исследования.

Были замечания о неточности в терминах. С ними я согласен, например о интрузии, как отметил Кислов Евгений Владимирович, об определении анкарамитов - отметил Альбеков Александр Юрьевич: мне кажется что наиболее удачно будет определить анкарамит как предложил мой оппонент Евгений Владимирович Пушкарев: Анкарамиты - это высокомагнезиальные породы основного и ультраосновного состава с высоким $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ отношением. Вопрос о популяции отметили Мехоношин Алексей Сергеевич, Шарыгин Игорь Сергеевич подобные замечания имеются также в отзывах оппонентов: действительно было бы более корректным говорить о идентичности состава пироксенов.

Кроме того, были замечания что рисунки 6 и 7 перегружены, отметили Рассказов Сергей Васильевич, Чувашова Ирина Сергеевна, Мехоношин Алексей Сергеевич и Шарыгин Игорь Сергеевич: да, действительно, сэкономили немного бумаги. Она теперь дорого стоит.

Были замечания о геологии и изотопно-геохимические исследования от Королькова Алексея Тихоновича: на них уже ответил в ответах на отзыв ведущей организации.

Были также замечания рекомендательного характера от Арискина Алексея Алексеевича. Про проведение фазовые диаграммы типа Ol-Cpx-SiO_2 и нормировки геохимических спектров на составы наиболее примитивных пород и наиболее магнезиальных кристаллов клинопироксена. Мы будем их учитывать в будущих исследованиях.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Тогда я предоставляю слово официальному оппоненту, Пушкарев Евгений Владимирович. Пожалуйста.

Пушкарев Е.В.: Добрый день! Уважаемые коллеги. Диссертационная работа Кхлифа Незара направлена на изучение среднекембрийских вулканогенных пород усть-семиинской свиты и ассоциированных с ними гипербазит-габбровых массивов барангольского комплекса, залегающих в Катунской аккреционной зоне Горного Алтая.

Я буду большую часть читать.

Эта зона является ключевой для понимания истории геологического развития, геодинамики и металлогении Центрально-Азиатского складчатого пояса. Новые данные, полученные Кхлифом Незаром при выполнении диссертационной работы, в частности обоснование анкарамитовой природы части пород усть-семиинской свиты и доказательство комагматизма интрузивам барангольского комплекса и проведённая аналогия между этими интрузивными комплексами Урало-Аляскинского типа определяет актуальность и научную новизну исследования.

Надо было сразу сказать, чтобы членам совета чтобы было понятно, в чем фундаментально различие пород, анкарамитов и анкарамитовых расплавов. Всем известно, что хондрит и примитивная мантия имеют Ca/Al 0,8. При плавлении это отношение Ca/Al не меняется и сохраняется. Для других (анкарамитов) должно быть высокое Ca/Al , есть такой субстрат – верлит. Это утверждение достаточно надёжно подтверждено целой серией экспериментальных работ по плавлению верлитового субстрата до 15 Кбар. Для анкарамитов это давление разумно от 10-15 кбар для субдукционных обстановок. Второй момент, анкарамитовые расплавы они дифференцируют и контролируется фракционированием оливин-клинопироксеновой котектики без участия плагиоклаза. Эти тренды важные.

Я пропишу формальные вещи. Актуальность правильно сформулирована, научная новизна – более-менее все в порядке, цели и задачи, описание собранного фактического материала и методы все соблюдено. Все результаты опубликованы в журналах в списке ВАК, в международных журналах Q2, где диссертант является первым автором.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списков сокращений и литературы. Объем работы составляет 135 страниц, включая рисунки и таблицы. Список литературы состоит из 132 наименований, из которых 37 публикаций на русском языке и 95 публикаций на английском.

Глава 1. Литературный обзор по анкарамитовому магматизму. Довольно добротная и хорошо выполнена работа, где рассматриваются разные аспекты, начиная от распространенности анкармитового магматизма, химия и геохимия анкарамитов, минералов, расплавных включений и так далее. Рассматриваются в том числе современные экспериментальные работы генезиса анкарамитов. Отмечаются структурные особенности анкарамитов, характерная для них порфировая структура с преобладанием во вкрапленниках клинопироксена над оливином.

Отмечается важная роль $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ отношения, как одного из главных петрохимических критериев, позволяющего классифицировать высокомагнезиальные породы на пикриты, бониниты и анкарамиты. Приводится определение термина «анкарамит», согласно решению Подкомиссии по систематике изверженных пород, где анкарамит определяется как порфировый меланократовый базанит с обильными вкрапленниками пироксена и оливина. Это определение весьма спорное и дискуссионное и противоречит большому количеству опубликованных данных по анкарамитам. В диссертационной работе Кхлифа Незара большая часть высоко-Са эффузивов на классификационной диаграмме $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (TAS диаграмма, рис. 1.6, стр. 23) тоже не попадает в поле базанитов, а лежит в области базальтов и пикробазальтов. Анкарамиты на самом деле ближе к клинопироксенитам.

Эта особенность анкарамитов определяет сложную, изогнутую конфигурацию полного кристаллизационного тренда клинопироксена, когда для раннего этапа фиксируется положительная корреляция железистости ($\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$) и содержаний глинозема, а для позднего - отрицательная (Пушкарев, 2017, 2018; Barsdell, Berry, 1990). Оливин-клинопироксеновая ($\pm$ хромшпинель) котектическая кристаллизация анкарамитов определяет и

своеобразие эволюционного тренда хромшпинелидов, которые на диаграмме трехвалентных катионов $\text{Al}-\text{Cr}-\text{Fe}^{3+}$ эволюционируют от вершины Cr к стороне $\text{Al}-\text{Fe}^{3+}$ до достижения поверхности хромшпинелевого сольвуса, где могут испытывать распад твердого раствора (Пушкарев, 2000, 2016; Barsdell, Berry, 1990; Mossman et al., 2000). К сожалению, диаграмма $\text{Al}-\text{Cr}-\text{Fe}^{3+}$ (одна из основных для хромшпинелидов) ни в этой, ни в других главах диссертации использована не была.

Глава 2. Геология и история изучения пород усть-семинской свиты и барангольского комплекса. Глава представляет собой довольно добротную выполненную краткую компиляцию литературных данных по региональной геологии Катунского аккреционного комплекса с акцентом на несколько наиболее значимых работ Гибшера, Зыбина, Сафоновой, Буслова. Знатоки региональной геологии, вероятно, смогут сделать свои замечания или дополнения к этому описанию, но для стороннего читателя, оно выглядит самодостаточным. Это описание сопровождается региональными схемами геологического строения северной части Горного Алтая, Бийской и Усть-Семинской вулканических построек (рис. 2.1, стр. 34). Даже две последние схемы покрывают территорию более 100 кв. км каждая. Наибольшее сожаление вызывает отсутствие в диссертации крупномасштабных геологических схем изученных участков, зарисовок или фотографий обнажений, где была бы видна морфология и взаимоотношения геологических тел и пород, и показаны места отбора проб с их номерами. Осталось непонятным из каких фаций вулканических пород усть-семинской свиты были отобраны пробы: из лавовых потоков, из даек или гипабиссальных интрузивных тел, из вулканических бомб или туфов?

Глава 3. Петрография, петрохимия и геохимия пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса. Это один из ключевых разделов диссертации. Автором было показано, что по составу и количеству вкрапленников вулканиты усть-семиинской свиты могут быть разделены на две группы. В первую группу Кхлиф Незар включил породы, содержащие 25-50% порфировых вкрапленников клинопироксена в плагиоклаз-клинопироксеновой основной массе, которые он интерпретировал как анкарамиты. Вторая группа представлена эффузивами, для которых характерно наличие вкрапленников диопсида, плагиоклаза и, реже, оливина, амфибола и хромшпинелида. В более ранних работах Гибшера и Зыбина эти вулканиты получили название «диопсид-порфировые базальты» или «диопсидовые базальты», но непонятно, почему это название сохранено и в этой работе, при наличии ранних вкрапленников плагиоклаза в породах?

Эти две петрографические группы соответствуют двум выделенным автором петрохимическим группам по величине $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ отношения: 1) $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$, анкарамиты;

2) $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 < 1$, диопсид-порфировые базальты. При этом автор указывает на то, что все породы образуют единый тренд на диаграммах. Вопрос: «Насколько тогда обосновано выделение этих двух групп?». Если построить гистограмму распределения отношения $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ в породах, получим ли мы бимодальную картину, которая позволит нам аргументировано выделять две группы? Или мы имеем непрерывную дифференциацию первичного анкарамитового расплава, приводящую в итоге к формированию остаточных порций расплава, близкого к нормальным базальтам, а деление на две группы по величине $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ - это формальная процедура?

Обилие вкрапленников клинопироксена в породах первой группы дает основание классифицировать их как анкарамиты. Однако для большей уверенности следует ответить на вопрос, не является ли высокое содержание клинопироксена следствием кумулятивного накопления ранних фаз при дифференциации расплавов либо в результате течения расплава по магматическим каналам, дайкам и т.д. - гидродинамический эффект накопления твердых фаз. Соответствует ли валовый состав пород анкарамитовому расплаву или это анкарамитовая магма, то есть какой-то расплав, насыщенный кристаллами клинопироксена? Наличие 50% вкрапленников может свидетельствовать о кумулятивном обогащении. Как следствие, встает вопрос, какие из изученных проб эффузивов наиболее близки к первичному расплаву, а какие являются его дифференциатами или кумулятивными фациями, обогащенными ликвидусными минералами? К сожалению, этот вопрос автором не обсуждается. Важным аргументом для решения этого вопроса было бы установление анкарамитового состава основной массы пород, как было показано нами ранее на Южном Урале либо обнаружение закаленных фаций, имеющих анкарамитовый состав.

Петрографическая и геохимическая характеристика ультраосновных и основных пород из интрузий барангольского комплекса. Показано присутствие в этих массивах разных типов клинопироксенитов и перидотитов, а также сходство геохимических особенностей пород и клинопироксенов усть-семиинской свиты и барангольского комплекса, что может служить доказательством их комагматизма.

Для реализации идеи о сходстве массивов барангольского комплекса с дунит-клинопироксенит-габбровыми интрузиями Урало-Аляскинского (У-А) типа, ультраосновные породы имеют первостепенное значение. Можно согласиться, что амфиболовые клинопироксениты Апшухтинского массива имеют некоторое сходство с клинопироксенитами (верлитами) из У-А интрузий. Однако флогопитовые пироксениты (скорее всего это метасоматически измененные породы) и перидотиты не имеют явных признаков сходства с породами из комплексов У-А типа. Неясна также природа, описанных в диссертации пикритов, хотя они и имеют высокое $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ отношение, но почему-то не были детально рассмотрены.

Глава 4. Минералогия и геохимия клинопироксена. Специальная глава исследования, посвященная изучению закономерностей изменения химического состава клинопироксена и его геохимических особенностей в ходе кристаллизации вулканогенных и интрузивных пород. Автор использует геохимию клинопироксена как индикатор геодинамических условий кристаллизации пород, хотя, с нашей точки зрения, для этого лучше использовать геохимию самих пород.

В результате проведенного исследования были установлены главные кристаллизационные тренды клинопироксена. Показано, что на фоне снижения его магнезиальности от ядер к каймам происходит рост содержаний Al_2O_3 , TiO_2 , Na_2O (отрицательная корреляция) и снижение концентраций Cr_2O_3 . Эти данные полностью соответствуют закономерностям эволюции составов клинопироксенов при кристаллизации анкарамитов и генетически связанных с ними пород и легко объясняются фракционированием оливин-клинопироксеновой котектики. Отметим также, что во многих случаях, при достижении максимума Al_2O_3 в каймах вкрапленников его содержания заметно падают в клинопироксенах основной массы, несмотря на продолжающееся снижение магнезиальности (положительная корреляция). Этот эффект связан со сменой кристаллизации оливин-клинопироксеновой котектики на ранней стадии на котектическую кристаллизацию фемических минералов с участием плагиоклаза на поздней стадии.

Изучение геохимии клинопироксенов из эффузивов усть-семиинской свиты и интрузий барангольского комплекса подтверждают их сходство и, вероятно, их генетическую общность. Однако интерпретировать это сходство как доказательство того, что клинопироксены принадлежат к одной популяции (Глава 4, стр. 102 и Защищаемое положение 2) не совсем корректно. Термин «популяция» в этом случае не подходит. Даже разные участки в одном зональном кристалле пироксена следует относить к разным популяциям. Сходство моделей распределения РЗЭ и редких элементов в клинопироксенах из пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса, из анкарамитов других провинций и интрузий Урала-Аляскинского типа является аргументом для авторского заключения о единой природе всех этих образований (смотри Глава 5). Раздел 4.2. Изоморфизм можно было не включать в диссертацию. Новой информации к известным и давно опубликованным исследованиям по изоморфизму пироксенов он не добавляет. В целом Глава 4 выглядит вполне информативной и презентабельной и показывает большой вклад автора в полученные результаты.

Глава 5. Дискуссия и выводы. В этой главе обобщаются результаты проведенных исследований, более подробно рассматриваются особенности геологии и состава дунит-клинопироксенит-габбровых комплексов Урала-Аляскинского типа и делается заключение о том, что массивы барангольского комплекса могут им соответствовать, несмотря на неполный набор петрографических признаков пород, отсутствие концентрически-зональной структуры и проявлений хромит-платиновой минерализации. Обосновывается островодужная природа анкарамитов и сопутствующих вулканитов усть-семиинской свиты и интрузий барангольского комплекса среднекембрийского возраста. Окончательно формулируется вывод, что именно анкарамнты являются родоначальными для всех рассмотренных магматических пород.

Кхлиф Незар в 21 пункте кратко резюмирует основные результаты и выводы, проведенного исследования. С большинством из этих пунктов можно согласиться, кроме пункта 2 и 8. В пункте 2 сказано, что анкарамнты - это оливин-клинопироксеновые высокомагнезиальные базальты с $CaO/Al_2O_3 > 1$. Это неверно, так как базальты - это породы, принадлежащие к семейству плагиоклазовых котектик с темноцветными минералами, а анкарамнты - это породы, принадлежащие оливин-клинопироксеновой котектике без плагиоклаза. Плагиоклаз в анкарамнтах может появляться только на заключительных стадиях кристаллизации, когда состав остаточного расплава приближается к габбровым котектикам. В

пункте 8 отмечено, что породы усть-семиной свиты в глобальном смысле принадлежат к толентовой серии. Это тоже неверно, несмотря на близость некоторых геохимических параметров у анкармитов и толентов. Анкармиты не дифференцируют по толентовому тренду. В известных случаях они эволюционируют по известково-щелочному тренду.

Заключение. Диссертационная работа Кхлифа Незара «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семиной свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 петрология, вулканология, является полностью законченным исследованием, соответствующим всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Цели и задачи, сформулированные в работе выполнены. Актуальность и практическая значимость исследования не вызывает сомнения. Научная новизна определяется в переинтерпретации клинопироксен-порфировых эффузивов усть-семиной свиты в анкармиты и в обосновании сходства массивов барангольского комплекса с интрузиями Урало-Аляскинского типа. Результаты исследования подкреплены представительным фактическим материалом, изученным с применением современных методов исследования, доложены на научных конференциях разного уровня и опубликованы в журналах по списку ВАК, в которых Кхлиф Незар является первым автором, включая одну статью в международном журнале второго квартиля. Кхлиф Незар достоин присуждения ему степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 - петрология, вулканология.

Спасибо за внимание!

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо Евгений Владимирович. Незар, Вы имеете возможность ответить.

Кхлиф Н.: Спасибо Евгений Владимирович. С несколькими замечаниями я согласен. На некоторые вопросы хотелось бы ответить.

1 - В диссертации не используются также подходы, предложенные для более точной классификации высокомагнезиальных вулканических пород.

Да действительно, я не использовал классификацию высокомагнезиальных изверженных пород по Ле Ба, в связи с тем, что в её основе чёткое деление пород по содержанию SiO_2 и суммы щелочей. По своей сути она неприменима к анкармитам. Если подойти формально, то составы исследованных пород соответствовали бы пикритам и пикробазальтам. Но сложно представить пикрит без оливина.

2 - «диопсидовые базальты», но непонятно, почему это название сохранено и в этой работе, при наличии ранних вкрапленников плагиоклаза в породах?

Чтобы подчеркнуть обилие вкрапленников клинопироксена в этих породах

3 - Вопрос: «Насколько тогда обосновано выделение этих двух групп?».

Граница в виде Ca/Al отношения – больше или меньше единицы – условная. Это единый тренд составов, в котором более магнезиальные породы содержат больше вкрапленников клинопироксена и большее количества кальция и хрома. Термин «анкармит» подчёркивает эти специфические особенности.

4 - сравнение составов вулканитов усть-семиной свиты с толентами разных геодинамических обстановок и отнесение их к толентовой серии.

Рассматриваемые породы не относятся непосредственно к толентовой или известково-щелочной серии, это просто позиция точек составов пород на диаграмме. На защите диссертации, из-за этой некоторой схожести, коллегами из лаборатории было предложено провести сопоставление моих данных с островодужными толентами. Сопоставление показало,

что по многим параметрам низкомагнезиальные базальты усть-семиной свиты схожи с островодужными, но высокомагнезиальные очень сильно отличаются.

5 - не является ли высокое содержание клинопироксена следствием кумулятивного накопления ранних фаз при дифференциации расплавов.

Конечно же, некоторые породы могут являться обогащёнными вкрапленниками пироксена из-за его аккумуляции. Породы из Анос-Емурлинской постройки, по химическому составу соответствуют анкараритам, и можно утверждать, что такие породы являются наиболее примитивными и кристаллизовались непосредственно из высококальциевого анкараритового расплава.

6- Неясна также природа, описанных в диссертации пикритов, хотя они и имеют высокое $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ отношение, но почему-то не были детально рассмотрены.

Действительно, в породах, которые в работе названы пикритами - высокое соотношение Ca/Al , однако в них очень большое содержание оливина и очень часто встречаются ксенолиты перидотитов. Это небольшие тела, прорывающие породы Апуяхтинского массива. Я не стал исключать из диссертации наличие этих пород, так как хотел показать наиболее полную картину наших находок. А их интерпретация на сегодняшний момент дискуссионна и требует дополнительных исследований.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Евгений Владимирович, Вы удовлетворены?

Пушкарёв Е.В.: Да.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо. Предоставляю слово второму оппоненту Марина Аркадьевна, подключитесь, пожалуйста.

Горнова М.А.: Добрый день коллеги! Могу не зачитывать полностью?

Изох А.Э., председатель совета: Да можно, только громче.

Горнова М.А.: В отношении первой и второй главы совпадает во всём. Я остановлюсь на замечаниях.

Замечание к главе 3:

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

-Судя по тексту диссертации, микролиты (Ап 59-77) имеют более основной состав, чем вкрапленники плагиоклаза (Ап 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-семиной 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. 3.5а)», 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 оливиновых вкрапленников вулканитов усть-семиной 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 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ и LILE подвижны при постмагматических изменениях (например, Pearce J.A. 2014). 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 $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (рис. 3.6) точки состава части образцов диопсид-порфировых 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 Пирса, 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 анкарамитов по литературным данным, в тексте этого раздела сопоставления с ними нет.

В четвертой главе приведены полученные автором результаты минералогического 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 клинопироксеновому 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 анкарамитов) 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 $\text{Mg\#}$ с содержаниями TiO_2 , Al_2O_3 и Na_2O и положительную корреляцию с содержанием Cr_2O_3 ». В тексте нет сопоставления составов клинопироксеновых вкрапленников из «базальтов» и «анкарамитов» 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 «анкарамитов», 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 Sr_{rx} имеют такой же состав, как Sr_{rx} , кристаллизовавшийся из расплава нормальной щелочности, а края вкрапленников и Sr_{rx} основной массы - такой же состав, как Sr_{rx} 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-семинской 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-семинской свиты «относятся, в глобальном смысле, к толеитовой серии». Это заявление декларативно, так как нигде в тексте диссертации не обсуждается.

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 не ксеногенности клинопироксена основан на том, что его состав не такой, как состав

«клинопироксена из перцолитов комплекса горы Солдатская офиолитов Камчатского Мыса, 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 по данным Буслова и Симонова или с $Mg\#$ пород в целом.

Диссертационная работа Кхлифа Незара 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, а ее автор, Кхлиф Незар, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 – петрология, вулканология.

Спасибо за внимание!

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо, Марина Аркадьевна. Незар, можете ответить на замечания оппонента.

Кхлиф Н.: Спасибо Марина Аркадьевна. На некоторые вопросы хотелось бы ответить, 1 - Почему рассматриваются пикриты Апшухтинского массива.

Я уже отвечал, что я хотел показать максимально широкую картину магматизма в районе исследования.

2 - Оливин из предыдущих исследователей.

К сожалению, нет литературных данных.

3 - Карбонатизация пород усть-семиинской свиты.

Часть из пород усть-семиинской свиты имеет $\text{ППП} > 5$ и более высокое содержание Са при низкой магнезиальности.

4 - Одна ли серия пород, нормальной щелочности или умеренно-щелочные, или есть и те и другие? Породы относятся к толеитовой серии?

Отвечено

5 - В тексте нет сопоставления составов клинопироксеновых вкрапленников из «базальтов» и «анкарамитов» усть-семиинской свиты.

Они одинаковые, что я показываю на диаграммах. Это было настолько очевидно, что в самом тексте это недостаточно хорошо отражено.

6 - Сравнить полученные Р-Т оценки для выделенных автором «базальтов» и «анкарамитов».

Как мы видим, на диаграмме лучше всего сравнить полученные Р-Т оценки для ядер и кайм вкрапленников, так как они перекрываются.

7 - Для анализа геодинамической обстановки формирования базальтоидов на дискриминационных диаграммах обычно используют наиболее примитивные составы (ядро вкрапленников).

Основную информацию о примитивных расплавах может дать изучение состава ядер вкрапленников клинопироксена. Каймы несут информацию о более поздних процессах в магматической камере. Установлено что для Бийской вулканической постройки прослеживается изменение состава расплава после кристаллизации ядер вкрапленников.

8 - Равновесность клинопироксена с анкарамитовым расплавом.

Такие оценки в ходе работы я не проводил, однако после получения отзывов попробовал провести моделирование состава пироксена в программе Комагат на основе состава анкарамитов. Имеются расхождения равновесных составов, видимо связанные с дифференциацией расплавов в промежуточных магматических камерах. Но тем не менее, диопсид из расплавов, которые соответствуют исследованным породам, согласно результатам моделирования, появляется. В наибольших количествах при повышенных давлениях, соответствующих предполагаемым промежуточным камерам 4-5 кбар.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо Марина Аркадьевна, Вы удовлетворены?

Горнова М.А.: Все хорошо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо! Переходим тогда к обсуждению. Кто хотел бы выступить по поводу этой диссертации? Да, Виктор Николаевич Шарапов, член совета.

Шарапов В.Н., член совета: Ещё на предзащите этой работы у меня возникли некоторые вопросы не к соискателю, а к вам (аудитория). Что такое вот эти обстановки – субдукционные, в переводе их на русский язык в виде параметров РТ условий и механики? Потому что понять что-нибудь ... У вас исчез формационный метод. А вот это что такое? Из тех публикаций, которые сейчас существуют в литературе, я не нашёл ни одной, кроме одной только работы, которая была сделана Вилсоном и группой специалистов, которые занимаются метаморфизмом, где были отрисованы РТ условия и характеристики условий при субдуцировании и

формировании зон плавления. Вот там рассматривалось не то, что делается в плите, а в надплитной обстановке, соответственно там есть о чем говорить и есть что обсуждать. Здесь у вас получается так: пироксеновые и оливиновые породы ... естественно, что вы получаете область совмещения составов, но разные, соответственно, минеральные ассоциации, то у вас есть фактор. Здесь – это давление.

Второй момент. Если вы рассматриваете две фациальных области формирования магматических камер: интрузив и ассоциации в нём, в том числе направленность и характер кристаллизации расплавов на ликвидусе, вы получаете те минералы и те их соотношения геометрические, которые мы наблюдаем. Если у вас эффузивы – если из этой камеры идёт питание эффузивов, то естественно мы получаем другую комбинацию в виде структурных взаимоотношений минералов, и, соответственно, тогда уже нужно говорить о том, какие это извержения. Если это трещинные извержения с характерным формированием лавовых покровов – это одна ситуация. Если у вас моногенные конуса с лавовыми потоками, то соответственно, другая обстановка и некоторые проявления минералогических остальных фаций, которые вы видите.

То, что защищается в работе, мне кажется, вполне понятной геологической ситуацией. Одна и другая фация; детально описаны и показаны минералогические соотношения, петрохимические характеристики. Но. Другого нет. Если вы рассматриваете субдукционную обстановку: что это такое по отношению к тем телам, которые вы исследуете? Это условия выплавления этих расплавов, когда вы имеете две структурные фации? Вот то что сделано в работе – это понятно, красиво, и всё что надо есть. Единственный у меня вопрос: почему вы не использовали вариационный метод при сравнении? Сейчас (есть) совершенно детально разработанные вещи. Вместо этих бесконечных вариационных картинок, выделяются области, строятся корреляционные соотношения, выделяются ряды, и сразу становится понятно – где какие факторы: что связано с фракционированием и изменением соотношений микрокомпонентов, которые связаны с локальными условиями кристаллизации, и то, что связано с условиями выплавления.

Что говорить, работа сделана, как мне кажется, минералогически и петрографически, тщательно. Геологические тела тоже описаны так как надо. Человек владеет всеми методиками. Но дело в том, что подзащитный это отражение как в зеркале того, что представляете сами. К сожалению, то, что даже можно было сделать по-настоящему, используя те разработки, которые сделаны Лавренчуком, в разных отношениях, здесь я их не увидел, к сожалению. Но это опять замечание не по отношению к соискателю. Работа вполне состоявшаяся, я с удовольствием проголосую за ещё одного специалиста которого вы подготовили. Но то, что касается уже содержательно-методологических вещей, Андрей, у вас, извините ... Что я должен сказать по этому поводу... Если вернуться, и вы мне разрешите пять минут поговорить по этим субдукционным обстановкам. Когда только возникла эта ситуация, сразу же: первая работа которая у нас была сделана с ... теперь его уже нет, Владимиром Георгиевичем Меламедом – это погружение плиты, взаимодействие плиты и среды. Учитывалась теплота плавления, соответственно берём диаграммы плавкости, выделяется зона плавления, которая связана уже не с плитой, а с плавлением в массиве. Николай Леонтьевич мгновенно среагировал на это. Ввёл туда, соответственно, глины. Трение исчезло, и разговоры на эту тему прекратились. Появилась вторая ситуация. Появления блоков Тараса Гери. Больше глупости термодинамической и содержательной чем эта, придумать было трудно, и он очень быстро отказался от этих вещей, и стал заниматься элементарными вещами – гидравлической неустойчивостью на контакте двух сред. Вот после того, как Стэн сделал работу, где подверг критике, а он сам занимаясь этими вещами, показал, что ни в одной зоне субдукции не описаны аккреционные комплексы, которые связаны с механикой субдуцирования. И, собственно говоря, на этом вся эта история и

остановилась. Ничего в этом отношении нет. Все упражнения, которые делает Тарас сейчас, это, извините... Трудно всерьёз эти вещи обсуждать, как некие серьёзно поставленные физические задачи, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Поэтому. Ребята, ну что ж вы делаете-то? Что такое надсубдукционные комплексы? Где у вас и что плавится? Как соотносятся области погружающихся сред, которые тоже должны плавиться с тем, что плавится в массиве, которые над зонами субдукции? Вся эта механика, если говорить по серьёзному – по нулям. Отсюда появляются геохимические упражнения, которые связаны с некоторыми соображениями о том, как это должно быть. Но как это есть на самом деле, когда мы переходим уже к реальным вулканическим комплексам со всем остальным... Даже первый момент: появление и пробивание самих каналов и динамика извержений, и вся механика и петрохимия, которая связана и с летучей фазой, и с твёрдой и жидкостью. Такие модели сейчас усилиями Института механики московского университета, покойного Бармина, развивается сейчас и неплохо выглядит, но с субдукцией или не субдукцией это никак не соотносится. Реально – это отдельные камеры, тела и динамика отдельных событий. Там два направления сейчас есть – это то, что связано с базитами и, соответственно, со всеми другими явлениями. К сожалению, в нашем институте потеряно направление, которое было и развивалось – формационное. А ничего нового в сравнении с этим, так предложено и не было. Вам как-то надо думать об этом. То, что касается нормальной механики и гидродинамики формирования этих магматических тел, сейчас, усилиями математиков, которые работают с Юрием Владимировичем Перепечко, некоторое продвижение в этом направлении содержательное есть. А вот то, что касается геохимии и петрохимии – это ваше поле деятельности. Спасибо.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо, Виктор Николаевич! Владимир Александрович Симонов, член совета.

Симонов В.А., член совета: Прежде всего я хочу сказать о диссертации, и потом скажу ещё что буду голосовать за. Я ещё раз повторюсь, что это нормальная хорошая диссертация. Но вот тут дискуссия началась - зона субдукции, критика зоны субдукции. Я занимался этим районом, и соискатель как раз ссылаясь на наши публикации вместе с Изохом и Сафоновой. То есть, когда подходишь, вроде бы и смотришь, анализируешь материалы, используешь стандартные диаграммы, которые вроде бы хорошо работают на других объектах - это вроде бы действительно островная дуга, вроде, дуга. Да, хорошо. Но когда внимательно вглядываешься, накапливаешь новый материал, получаются всякие осложнения. И там начинаются придумывания, или, скажем так, не придумывания, а некоторое сравнение. Всё, что есть на Камчатке – слэб-виндоу и тому подобные. На Усть-Семе можно много всяких теорий, прекрасных и замечательных привлечь, и как я правильно понял соискателя руководителя, что такой однозначной привязки они решили не делать, что это примитивная дуга, либо ещё какая-то другая, либо ещё что-то. Это участие субдукционных процессов несомненно, поэтому на уровне кандидатской, я думаю аккуратненько они сделали такой вывод, что это зона субдукции была, но вот детали, как там всё это расшифровывать... Это пока на этом уровне мы не можем решить окончательно, потому что я тоже принимал участие в этих исследованиях, накоплено много материала. И вот скажем дальнейшие исследования, надеюсь, они продолжатся в этом направлении.

И второе, в связи с этим. Тут звучали вопросы. Один из оппонентов рекомендовал, кстати это оппонент с Урала что можно решить всё очень просто – взять и посмотреть основную массу и тогда мы поймём, что это за расплав. Я сразу говорю – если мы будем смотреть основную массу, мы получим остаточный расплав, который какое имеет отношение к тому реальному, из

которого кристаллизовались вкрапленники, вообще непонятно. Я ему сказал бы не прислушивался к этому совету и не идти по этому пути. А путь есть другой совершенно другой, который вот уже упоминался и вначале доклада, - соискатель аккуратно всё рассказывал и показывал хорошие интересные картинки, что вот эти вот анкарамиты, расплавы - они отражаются не только в составах пород, но они очень хорошо доказываются в расплавных включениях. Можно привести некоторые диаграммы, которые вы показывали и расплавные включения. И вот дальше как-то я ждал, что дальше будет больше использоваться вот эти составы расплавных включений, тем более там есть ссылки, и ответить на многие вопросы можно совершенно спокойно. К тому же изучены расплавные включения во вкрапленниках, соответственно это составы тех расплавов из которых росли эти вкрапленники, априори это абсолютно чётко и ясно. А когда мы изучали включения, мы делили на эти два типа анкарамиты и другой тип базальтов. Просто аккуратно можно посмотреть по тем публикациям – может быть включения мы изучили и там, и там. И тогда это решается достаточно просто, вот с этими картинками, на которых можно разделить. Есть прекрасные модели, расчёты, которые используют не просто составы клинопироксена - это вызывает некоторые сомнения если их используют мономинеральные, и это надо чем-то подтверждать. А есть расчёты, который используют составы клинопироксенов и составы расплавов, из которых они растут. Прекрасно работает, отлично работает. Вот здесь можно было использовать, и нашлись бы ответы на многие вопросы. То есть, вот этот путь ещё можно сказать до конца не использован. Но нельзя объять необъятное. И я искренне рад что здесь расплавные включения используются как основа для анкарамитов, рад что есть простое включение анкарамитового состава. То есть анкарамит приобретает какой-то нормальный смысл. Есть расплавы анкарамитовые, действительно, есть расплавные включения. Это ещё раз подтверждает все достижения нашего соискателя. И, конечно, нельзя объять необъятное. Решить все проблемы тоже невозможно. И Усть-Сема - это достаточно сложный такой объект, который исследовался, исследуется, и я думаю ещё раз можно туда аккуратно съездить, и там многие вопросы, действительно, если взять детальные разрезы, всё это рядом с карбонатами, то есть участие каких-то карбонатов, может, какой-то частью что-то оттуда берется, что-то уходит куда-то... Это вполне реально и вполне разумно. Так что то, что выбрали эти объекты тоже хорошо. То, что сравнили с теми, которые были глубинной частью – в постановке задачи все правильно у руководителей и способы решения, выводы. Так что, думаю, работа нормальная, хорошая и заслуживает присуждения степени кандидата геолого-минералогических наук.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо, Владимир Александрович! Есть еще желающие выступить? Феликс Петрович Леснов, член совета.

Леснов Ф.П., член совета: С моей точки зрения, работа достаточно качественная, как квалификационная работа кандидатская и тот материал, который добыл и обработал автор, добавляет знаний об этом объекте. Но я хочу сделать только пару технических замечаний с моей точки зрения. Во-первых, мне уже сейчас, после прослушивания доклада и ознакомления с авторефератом кажется, что, может быть было излишним добавлять в эту работу ещё этот барангольский комплекс - достаточно было тщательно обработать эту анкарамитовую ассоциацию со всеми нюансами. И работа от этого не пострадала бы. А вот барангольский комплекс - это все-таки нечто иное, генетически, во всяком случае, хотя есть и сходство по составу. Второе замечание-пожелание. Всё-таки не хватает, детальной какой-то характеристики конкретных объектов, разреза, обнажений - где показать вот так они соотносятся эти породы. Может быть, они должны были быть детально опробованы, в каких-то, пусть небольших выходах / объёмах, но детально. А так – это в куче, так этот материал

немножко распыляется. Но это пожелания для работы на подобных объектах в будущем. Ну и последнее. В работе, в автореферате, во всяком случае, приведено огромное количество диаграмм вот этих, петрохимических, геохимических. С моей точки зрения, они страдают тем, что свалено все в одну кучу. То есть авторский материал, параметры объекта, которые, собственно, изучал автор, они замылены всеми остальными данными из десятков других объектов. Мне казалось, что не нужно было бы строить эти диаграммы. Главная диаграмма - по авторским данным то, что получилось, и может быть, рядышком какой-нибудь типичный объект, но не перечислять эти десятки других. Это такое субъективное мнение. Во всяком случае, для восприятия новшество того, что сделал человек было бы лучше. В целом, я буду голосовать за эту работу. Считаю, что соискатель достоин присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо, Феликс Петрович! Ольга Михайловна.

Туркина О.М., ученый секретарь совета: Мне хотелось бы высказаться по двум вопросам. Собственно, сама работа Незара Кхлифа. Вот чего мне не хватило этой работе, особенно в представлении материала, которое мы сегодня слышали, это заостренности на наиболее ключевых моментах. Вот если бы не Евгений Владимирович Пушкарёв, уважаемый оппонент, мы бы так и оставались в неведении о том, в чём же специфика этих самых анкармитовых магм или расплавов. Нам всё время показывали содержание кальция, повышенное содержание магния и хрома, но мы не услышали в этом докладе специфики трендов кристаллизации и это сразу снимало бы многие вопросы о систематике этих пород, потому что действительно не всегда мы можем уловить вот это. Особенно при нашей сибирской обнаженности и ещё других каких-то параметрах, мы не всегда можем уловить эти специфические наиболее кальциевые расплавы. Однако характер трендов кристаллизации существенно отличается от того, что имеет место для других вулканических серий. И вот в этом изюминка работы, но почему-то мы этого не услышали. А услышали только из очень грамотного пояснения Евгения Владимировича. Тоже самое касается некоторых моментов систематики, которые получились там в толентовской серии или известково-щелочной серии, и, мне кажется, здесь вот определённое упущение научного руководителя каком должен был обратить внимание и вычистить такие моменты, которые приведены. Это касается, в частности и состава, и того, с чем его сравнивали. Да можно было вообще ни с кем не сравнивать, и в том числе с Камчаткой. Просто есть те пироксены, которые кристаллизуются из расплава. И есть пироксены которые представляют собой реститовое вещество, как должно быть в мантийном источнике, которые остались после удаления расплава. Можно взять другую сводку, и в общем-то, не надо было там выбирать, с чем сравнивать. Они просто априори должны различаться и ничего с этим не сделаешь. Ну и ещё один момент, который мне хотелось бы затронуть, этого по поводу субдукционности и несубдукционности, Виктор Николаевич много справедливого в том числе сказал, что надо обращаться к формационному анализу. Проще говоря, формационный анализ по большому счёту, тут ничего не решает. Потому что тут критиковали Незара за что так написано «субдукционно-связанная обстановка», вообще на самом деле вот в таком термине был определённый смысл. Не в том смысле, что это плохой перевод. А в том смысле, что связь какая-то с субдукцией есть, а вот уверенности в том, что вообще эти породы образовались при субдукции, нет абсолютно никакой. То есть, в этом плане вещественные характеристики, да. Они схожи с породами индукционных обстановок. Но это вообще не доказывает, что они сами образовались, реально при субдукции. То есть, в общем-то, была правильная мысль написать этот термин, только его не поняли, смысл, который вкладывал в него соискатель. Это же тоже нужно было моему самому, вообще-то говоря, отразить в своём

докладе. Какой смысл в это вкладываться. Потому что действительно: нет - есть. А как таковой индукции доказать, что она в это время была, нет этих доказательств. И может быть, вообще не нужно было даже эти геодинамические реверансы проводить, потому что он ничего не смог добавить ни убавить к тому, что было известно до этого. По сути дела, так. В этом аспекте, я имею ввиду, и в общем-то для него совершенно без разницы, образовались они в субдукционной обстановке или в какой-то другой. Вот речь идет не об этом, а о специфике исходных расплавов, о специфике того субстрата, из которого они образовались. Потому что до сих пор, по сути дела, мы не знаем... Ну да нужен карбонатный какой-то метасоматоз грубо говоря - как он происходил, в связи с субдукцией или без субдукции? Никто этот вопрос сейчас не ответит. Поэтому в этом плане, может быть, нужно было там в диссертации написать: «да вот они там похожи». Да. Но в это не вкладывается генетический смысл, и бы вообще не отражала бы это в защищаемых положениях. Какие-то вопросы удаётся решить в работе, а какие-то нет. Не, потому что соискатель что-то не доделал, а потому что состояние какой науки в этой области таково, что мы не можем дать однозначного ответа, и критериев у нас пока что нет, которые бы позволили отметить. Ну в общем, по сути, это всё. А так, конечно, я очень поддерживаю эту работу. Она, мне кажется, очень такая сконцентрированная и очень хорошо направленная в одном ключе. Ну что-то удалось как-то отразить в докладе, что-то не удалось, но я думаю, что у соискателя это не последний доклад. И он воспримет мою критику адекватно и в следующий раз, готовя доклад, будет начинать с ключевых моментов.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо, Ольга Михайловна. И позвольте я выскажусь. У меня три момента, к этой работе. Во-первых, Незару действительно удалось показать, что вот эти вот специфические пород следует относить к анкарамитам. Дело в том, что вот Владимир Александрович помнит эти острые дискуссии, которые мы вели в том числе с Николаевичем Леонтьевичем Добрецовым, потому что их пытались в бониниты засунуть. Мы долго дискутировали, и даже в своё время с Гибшером и Есиным получили заключение Ле Ба, которое рекомендовало именно называть *Diopside-rich basalts*. То есть базальтами, обогащёнными диопсидом, но ни в коем случае не анкарамитами, потому что по всем параметрам, кроме как высокий кремний, высокий никель, высокий хром и значит высокая магнезиальность — это единственное, что общее с бонинитами. Ну и действительно, чтобы получить такие породы, нам нужна верлитизация мантии. И выплавить их просто из дерцолитов не получается, выплавить из водосодержащей мантии в зоне субдукции тоже не получается: выплавляется высокомагнезиальный высокоглинозёмистый базальт. Действительно нужен верлитовый субстрат. Вопрос это мы обсуждали, в том числе с Владимиром Александровичем, Инной Сафоновой - два варианта, либо субдукция карбонатов, и тут мы сталкиваемся, я согласен с Виктором Николаевичем, с этими проблемами, как туда что-нибудь запихать, либо с воздействием карбонатитового расплава на надсубдукционную литосферную мантию. При том, что действительно Василий Васильевич Врублёвский описал в Горном Алтае карбонатный комплекс Эдельвейс, который имеет практически синхронный возраст с урегнурскими пикритами, где таких же диопсидовые базальты, и усть-семой, которые тоже датируются, как раз границей нижней нижнего-среднего кембрия. В этом плане, то есть вот эта дилемма, она сохранилась. Второй момент, который я хотел отразить, то, что с моей точки зрения Незару удалось это показать, действительно что интрузии барангольского комплекса, это именно комагматы усть-семиной серии, потому что даже тот же Зыбин ставит вопрос о принадлежности этих массивов. Во-первых, они все разные, и ставился вопрос - как они между собой связаны? Одни из них, как, например, Апшухтинский, достаточно меланократовый с верлитами, с пироксенитами. И в тоже время есть такие монцодиоритовые интрузии. Здесь на основании материала, который он обработал, прекрасно показано, что мы имеем возможность

рассматривать и как практически такие габбро-монцодиоритовые с ультрамафитами, и они комагматичны этой серии. Действительно много вопросов осталось. Действительно, отнесение их к толеитовой или известково-щелочной серии... Я согласен, что вообще вне серий, это анкармитовая серия, и в этом отношении тот обзор, который сделал Незар, а сделал он его самостоятельно, и я считаю сделал великолепно, показывает, что они могут быть, как нормального ряда, так и щелочного. И у Евгений Владимировича то же самое по Уралу показывается что они могут быть вообще к щелочному ряду относится. Поэтому вопросы остаются. Но отмечу, что Незара сирийское правительство отправило к нам целевую аспирантуру с тем, чтобы мы обучили его, чтобы он мог в Сирии преподавать. И он уже преподает в Сирии. Поэтому, я считаю, что в принципе, мы свою задачу выполнили, и я прошу поддержать его. Спасибо!

Изох А.Э., председатель совета: Есть еще желающие? Незар, заключительное слово.

Кхлиф Н.: Мне было очень приятно слышать эти замечания и я постараюсь учесть их в статьях, у нас задача написать еще статью, будет изотопия и определен возраст. Я хотел поблагодарить Андрея Эмильевича и Андрея Владиславовича за поддержку. Мне было приятно работать и учиться в России. Желаю вам здоровья и мира.

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо! Прежде чем перейти к голосованию, мы должны избрать счетную комиссию. У меня предложение такое: Дорошкевич Анна Геннадьевна, Гаськов Иван Васильевич и Пономарчук Виктор Антонович. Нет возражений? Нет. Тогда кто «за»? Против? Воздержался? Онлайн?

Изох А.Э., председатель совета: Спасибо! Прошу комиссию приступить к голосованию.

Идет голосование

Изох А.Э., председатель совета: Прошу внимания, председатель счетной комиссии огласит результаты голосования.

ПРОТОКОЛ № 03/4

ЗАСЕДАНИЯ СЧЕТНОЙ КОМИССИИ,

ИЗБРАННОЙ ДИССЕРТАЦИОННЫМ СОВЕТОМ 24.1.050.01

от 28 марта 2022 г. Состав избранной комиссии: Дорошкевич А.Г., Гаськов И.В., Пономарчук В.А..

Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по вопросу о присуждении Кхлифу Незару ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 23 человека на срок действия Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24 февраля 2021 г. № 118.

Присутствовало на заседании 17 членов совета, в интерактивном режиме 0, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации (по специальности 1.6.3) - 7.

Результаты тайного голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Кхлифу Незару:

за 17, против 0, недействительных нет.

Изох А.Э., председатель совета: Кто за то, чтобы утвердить протокол счетной комиссии, прошу голосовать. Кто «за»? Кто «против»? Воздержался? Все принято единогласно.

Изох А.Э., председатель совета: таким образом, мы утверждаем протокол и должны приступить к обсуждению заключения по диссертации. Есть необходимость зачитать? Всем раздали проект заключения, есть какие-нибудь предложения, замечания по проекту?

Если нет, то в принципе в рабочем порядке, у кого появятся, могут правку внести. Мы с Ольгой Михайловной это скорректируем. Тогда нам надо принять заключение. Кто за то, чтобы принять заключение по данной работе? Прошу голосовать. Кто «за»? «Против»? Воздержался?

Изох А.Э., председатель совета: Единогласно. Спасибо!

Таким образом, мы можем поздравить Незару Кхлифа с успешной защитой кандидатской диссертации и на этом защиту объявляю оконченной.

На заседании 28.03.2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Кхлифу Незару учёную степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.6.3, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - 0.

Председатель
диссертационного совета, д.г.-м.н.

Ученый секретарь
диссертационного совета, д.г.-м.н.

11.04.2022 г.



А.Э. Изох

О.М. Туркина

ДОКЛАД

по материалам диссертации Кхлифа Незара «Минеральный состав и происхождение среднекембрийских диопсид-содержащих эффузивов усть-семинской свиты и интрузий барангольского комплекса (Горный Алтай)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.3 — «петрология, вулканология».

Тема диссертации «МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ СРЕДНЕКЕМБРИЙСКИХ ДИОПСИД-СОДЕРЖАЩИХ ЭФФУЗИВОВ УСТЬ-СЕМИНСКОЙ СВИТЫ И ИНТРУЗИЙ БАРАНГОЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)».

Актуальность исследования заключается в том, что классификация и определение геодинамической обстановки формирования среднекембрийских эффузивов усть-семинской свиты Горного Алтая активно дискутируются. Кроме того, происхождение ассоциирующих с ними интрузивов барангольского комплекса также дискуссионны.

Целью исследования является обоснование модели происхождения пород усть-семинской свиты и барангольского комплекса на основании детального исследования их минерало-петрографических, петрохимических и геохимических характеристик.

Для достижения этой цели решались следующие перечисленные задачи.

Хотел добавить, что я участвовал при формировании коллекций образцов, занимался пробоподготовкой, петрографическими исследованиями и анализом состава минералов на скане с ЭДС.

Среднекембрийские эффузивы усть-семинской свиты и интрузивы барангольского комплекса северной части Горного Алтая являются объектами данного исследования.

В диссертации была написана целая глава про анкарамиты, остановлюсь на нескольких основных моментах. Термин анкарамит впервые был предложен геологом Лакруа для выделения пород на Мадагаскаре, в которых пироксен преобладает над оливином, чтобы отличить их от пикритов. Далее установлено высокое отношение $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$ для выделения анкарамитов.

Анкарамитовой вулканизм проявляется как в виде пород с отношением $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$, так и расплавных включений во вкрапленниках оливина или клинопироксена с отношением $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$. Анкарамиты проявляются как в субдукционных так и во внутриплитных обстановках.

По петрографическим особенностям для анкарамитов характерна порфировая структура с обилием вкрапленников высокомагнезиального клинопироксена $\pm$ высокомагнезиального оливина $\pm$ высокохромистой хромшпинели в основном в виде включений.

По петрохимическим особенностям для анкарамитов разных проявлений и высококальциевых включений характерны высокие содержания магния, хрома и высокое отношение $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$. Высококальциевые включения в породах усть-семинской свиты по данным Буслова и Симонова близки к составу включений анкарамитового состава.

Переходим к объектам исследования.

Районом исследования является Катунский аккреционный комплекс северной части Горного Алтая. Он сформировался в результате венд-кембрийской субдукции океанической коры Палеоазиатского океана и аккреции палеоокеанических островов к Кузнецко-Алтайской островной дуге.

В его состав входят: фрагменты океанической коры: венд-раннекембрийские эсконгинской и улус-чергинской свит, палеосимаунты: раннекембрийские базальты манжерокской свиты OIB-типа, и образования склоновых фаций; карбонатная шапка: раннекембрийские карбонаты каспийской серии — чепошская и шашкунарская свиты.

Вулканиды усть-семинской свиты с осадочными породами перекрывают образования аккреционного клина. Вулканиды присутствуют в виде лавовых потоков и даек и представлены пироксен-порфировыми и пироксен-плагноклаз-порфировыми базальтами. Основной объём вулканидов сконцентрирован в двух вулканических постройках центрального

типа. Усть-Семинской - на севере и Бийской - на юге. Вулканиды составляют также Анос-Емурлинскую линейную постройку. Кроме того, они встречаются в районах п. Камлак и п. Куюс.

Гипабиссальные интрузии Барангольского комплекса ассоциируют с вулканидами усть-семинской свиты. В составе этого комплекса были выделены три типа массивов:

- 1 - дунит-верлит-клинопироксенитовый Апшухтинский,
- 2 - габбро-монцогаббро-монцодиоритовый Еландинский
- 3 - пироксенит-габбро-диоритовый Барангольский

Иногда наблюдаются небольшие интрузии, прорывающие вулканиды Бийской постройки, например, в районе р. Чобурак, представленные габброидами. Звёздочками обозначены места отбора образцов.

Первое защищаемое положение: По совокупности минералого-петрографических особенностей и петрохимических характеристик, среди эффузивов усть-семинской свиты выделяются две группы пород. Первая группа с отношением $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$, характеризующаяся обилием вкрапленников клинопироксена, классифицируется как анкарамиты, а породы второй группы с $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 < 1$ и значительной долей плагиоклаза во вкрапленниках являются диопсид-порфировыми базальтами.

Вулканиды усть-семинской свиты характеризуются порфировой структурой с вкрапленниками зелёного, часто зонального клинопироксена, изменённого плагиоклаза, редко амфибола, гораздо реже полностью изменённого оливина и хромшпинели, располагающимися в микролитовой основной массе.

В зависимости от объёмного содержания вкрапленников нами были выделены две группы пород.

Первая группа (анкарамиты) характеризуется обилием вкрапленников высокомагнезиального клинопироксена (25–50 об. %) располагающихся в основной массе, состоящей из микролитов клинопироксена и реже плагиоклаза.

Для второй группы (диопсид-порфировые базальты) характерно обилие вкрапленников плагиоклаза и клинопироксена, реже амфибола и полностью изменённые вкрапленники оливина. Основная масса в них состоит преимущественно из микролитов клинопироксена и изменённого плагиоклаза, а также ксеноморфных выделений каликатрового полевого шпата, апатита и титанита.

Хромшпинель присутствует в двух группах пород виде мелких включений во вкрапленниках клинопироксена.

Часть из пород усть-семинской свиты карбонизированы и в них наблюдаются вторичный кальцит, например породы из участка Камлак.

По петрохимическим особенностям, были рассмотрены образцы с низким п.п.п. < 5%.

Точки составов пород усть-семинской свиты из разных проявлений на классификационной диаграмме TAS попадают в основном в поле базальтов, реже пикробазальтов. Они характеризуются широкими вариациями по всем петрогенным компонентам. По отношению $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и другим параметрам эти породы в целом образуют единый тренд, но, как уже упоминалось, среди них можно выделить две группы.

Первая группа (анкарамиты) с высоким отношением $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$ и высокими содержаниями MgO и Cr_2O_3 . Они в целом соответствуют первой группе, выделенной по минералого-петрографическим особенностям, характеризующейся обилием вкрапленников клинопироксена.

Вторая группа (диопсид-порфировые базальты) с отношением $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 < 1$ и относительно низкими содержаниями MgO и Cr_2O_3 . Они соответствуют второй петрографической группе, характеризующейся обилием вкрапленников плагиоклаза и клинопироксена.

Состав гомогенизированных расплавных включений, обнаруженных во вкрапленниках клинопироксена в породах усть-семинской свиты по Буслову и Симонову близок к составу анкарамитов усть-семинской свиты.

Породы из Бийской постройки и участка Куюс отличаются от других проявлений высоким содержанием TiO_2 .

Анкарамиты усть-семинской свиты по вариациям всех петрогенных элементов и отношения $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ отличаются от типичных толеитовых базальтов островных дуг, океанических плато и СОХ, и близки к анкарамитам островных дуг.

Диопсид-порфировые базальты усть-семинской свиты близки к типичным толеитовым базальтам островных дуг, океанических плато и СОХ с небольшим отличием по содержаниям TiO_2 и CaO .

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.

Подчеркну массивы барангольского комплекса: Апшухтинский, Еландинский Барангольский, а также небольшие интрузии в районе р. Чобурак.

Породы барангольского комплекса представлены клинопироксенитами и габброидами. По литературным данным они представлены также пироксен-содержащими дунитами и верлитами. В них клинопироксен и оливин хорошо сохранены, однако плагиоклаз сильно изменён. Они в основном сильно изменены и карбонизированы. Отсутствие ортопироксена в этих породах позволяет сравнить их с массивами Урало-Аляскинского типа и ультрамафит-мафитовыми островодужными кумулятами Восточной Чукотки.

Клинопироксен из эффузивов усть-семинской свиты представлен крупными зональными идиоморфными вкрапленниками, мелкими кристаллами и микролитами основной массы. Вкрапленники клинопироксена в большинстве случаев обладают зональностью в проходящем свете и в изображениях в обратно-рассеянных электронах. Доминирует нормальная зональность.

Детальное изучение строения фенокристаллов клинопироксена и измерение концентраций основных компонентов были проведены по профилям от центра к краю зёрен по данным ICP-MS а также на скане с ЭДС. Для ядер вкрапленников характерны высокая магнезиальность, высокое содержание Cr и более низкие содержания Ti , Al , Fe , Na , Mn , Ni , V , Y , Zr , а для края - наоборот.

В интрузивах барангольского комплекса, он образует либо идиоморфные кристаллы, либо ксеноморфные выделения и в общем случае не обладает зональностью.

Ядра вкрапленников клинопироксена в вулканитах усть-семинской свиты и породах барангольского комплекса состоят из диопсида, однако клинопироксен из краевых частей вкрапленников из вулканитов усть-семинской свиты смещаются в сторону авгита.

Вариационные диаграммы клинопироксена из изученных пород были разделены на две части: южная часть для клинопироксена из Бийской постройки, Куяс для эффузивов усть-семинской свиты и Апшухтинского, Еландинского и Чобурака массивов для барангольского комплекса.

Северная часть для клинопироксена из Усть-Семинской и Анос-Емурлинской построек, Камлак для эффузивов усть-семинской свиты и Барангольского массива для барангольского комплекса.

Наблюдаются сходные черты: высокая магнезиальность в ядрах вкрапленников из эффузивов усть-семинской свиты, флогопит-оливиновых клинопироксенитов и ксенолитов в пикритах Апшухтинского, меланогаббро Еландинского массивов и габбро Чобурака, уменьшается в краевых частях фенокристаллов и микролитах основной массы из эффузивов усть-семинской свиты, амфиболовых клинопироксенитов Апшухтинского массива, габбро и монцодиоритов Еландинского массива, габбро и габбродиоритов Барангольского массива и монцогаббро Чобурака. При уменьшении магнезиальности увеличиваются содержания Al_2O_3 , TiO_2 уменьшается содержание Cr_2O_3 .

Клинопироксен из краевых частей вкрапленников из пород Бийской постройки и Куяс имеют более высокие содержания Al_2O_3 и TiO_2 в отличие от других проявлений. Вариации содержания Al_2O_3 с изменением $\text{Mg\#}$ в клинопироксенах из вулканитов усть-семинской свиты показывают основной тренд с резким увеличением содержания глинозёма от ядра к краю вкрапленников с последующим падением в микролитах основной массы, что может свидетельствовать об наличии этапа значительного обогащения расплава алюминием с последующим присоединением плагиоклаза к оливин-клинопироксеновой котектике.

Клинопироксен из пород усть-семиинской свиты типичен для клинопироксена из анкарамитов островных дуг, но отличаются от клинопироксена толеитовых базальтов Алеутской дуги высоким содержанием Cr_2O_3 и высокой магнезиальностью.

А также он явно отличается от клинопироксена из толеитовых базальтов плато Онтонг Джава. Клинопироксен из барангольского комплекса типичен для клинопироксена из массивов Урало-Аляскинского типа, но отличаются от клинопироксена ультрамафит-мафитовых кумулатов островодужных магматических камер Восточной Чукотки, что в последних наблюдаются узкий диапазон по вариациям основных компонентов.

Сопоставление с составом клинопироксена из лерцолитов комплекса горы Солдатская офиолитов Камчатского Мыса по данным Батановой показывает, что исследованные зерна клинопироксена из пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса кристаллизовались из базальтового расплава, и не являются захваченными базальтовым расплавом фрагментами мантийных верлитов или лерцолитов, как предполагалось некоторыми исследователями ранее. Основное отличие заключается в том, что клинопироксен мантийных лерцолитов имеет более высокое содержание Al_2O_3 при высокой магнезиальности.

Полученные спектры распределения редкоземельных элементов для зёрен клинопироксена из пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса, показывают общие особенности:

1- сходные спектры распределения редкоземельных элементов, показывающие положительный наклон для лёгких редкоземельных элементов с небольшим обеднением;

2- выраженную отрицательную корреляцию $\text{Mg}^\#$ с концентрациями редкоземельных элементов во вкрапленниках;

3- отрицательные аномалии по высокозарядным (Zr, Hf, Nb, Ti) и крупноионным литофильным элементам (Ba, Rb). Концентрации редкоземельных элементов во вкрапленниках клинопироксена из анкарамитов и базальтов также идентичны.

Однако состав некоторых кайм вкрапленников из эффузивов Бийской постройки в отличие от других районов, характеризуются явным обогащением лёгкими редкоземельными элементами. Особенности, отклонения их состава наблюдались также и при изучении распределения основных компонентов.

Сопоставление редкоэлементного состава клинопироксенов из пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса с составом клинопироксена из анкарамитов островных дуг, толеитовых базальтов Алеутской дуги и массивов Урало-Аляскинского типа, а также с составами клинопироксена из лерцолитов комплекса горы Солдатская офиолитов Камчатского Мыса подтверждает, что исследованные зерна кристаллизовались из базальтового расплава, и не являются захваченными базальтовым расплавом фрагментами мантийных верлитов или лерцолитов. Основное отличие заключается в том, что клинопироксен мантийных лерцолитов сильно обеднён лёгкими редкоземельными элементами и характеризуется ярко проявленными отрицательными аномалиями по Sr.

Напротив, однотипные спектры распределения редкоземельных элементов, отрицательные аномалии по высокозарядным (Zr, Hf, Nb, Ti) и крупноионным литофильным элементам (Ba, Rb) типичны и для клинопироксенов усть-семиинской свиты и барангольского комплекса, характерны для клинопироксена из базальтов и анкарамитов многих островных дуг.

Третье защищаемое положение: Минералого-петрографические особенности, петрохимический и редкоэлементный состав интрузивных пород барангольского комплекса показывают их родственность вулканитам усть-семиинской свиты, и свидетельствуют о субдукционно-связанной обстановке их формирования.

В предыдущем разделе была показана близость состава клинопироксенов из пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса.

Состав плагиоклаза в габброидах также близок к составам плагиоклаза из пород усть-семиинской свиты.

Амфибол представлен в основном магнезиогастингситом и магнезиальной роговой обманкой и в общем близок к амфиболу по магнезиальности и содержаниям TiO_2 и Al_2O_3 из пород усть-семиной свиты.

Состав оливина из интрузивов барангольского комплекса типичен для оливина из интрузивов Урало-Аляскинского типа по вариациям форстеритового компонента (Fo) и его соотношениям с содержаниями NiO и CaO .

Хромшпинель в виде включений в оливине и клинопироксене по составу соответствует хромитам, магнезиохромитам и герцинитам с широким диапазоном хромистости. Большая часть этих составов близка к составам хромшпинели из пород усть-семиной свиты. Состав хромшпинелидов из интрузивов барангольского комплекса в целом типичен для интрузивов Урало-Аляскинского типа с небольшим отличием, заключавшемся в том, что часть хромшпинелидов из пород барангольского комплекса имеет более высокие $Cr\#$ и $Mg\#$ и низкие содержания Al_2O_3 и TiO_2 .

Интрузивные породы барангольского комплекса по петрохимическим особенностям показывают широкие вариации по всем петрогенным компонентам, и для них характерны отрицательные корреляции содержания MgO с Al_2O_3 , TiO_2 , и положительные корреляции с содержанием Cr_2O_3 .

Породы Апшухтинского массива по нашим и литературным данным наиболее магнезиальны среди пород барангольского комплекса. С уменьшением содержания MgO в породах барангольского комплекса возрастают содержания Al_2O_3 и CaO , что обусловлено фракционированием оливина и клинопироксена.

Таким образом, диоксид-порфиновые базальты усть-семиной свиты близки по составу к габброидам барангольского комплекса, а анкармиты занимают промежуточное положение между ними и наиболее примитивными разновидностями интрузивных пород - оливиновыми клинопироксенитами Апшухтинского массива.

С точки зрения валового химического состава для пород барангольского комплекса при сравнении с составом интрузивов Урало-Аляскинского типа, наблюдается множество общих моментов.

Так, для высокомагнезиальных пород характерно повышение содержания CaO при практически не увеличивающемся Al_2O_3 - следствие «клинопироксеновой» специфики пород и накопления алюминия в остаточном расплаве.

На мультиэлементных диаграммах отчетливо выделяются общие особенности для всех пород усть-семиной свиты и интрузивов барангольского комплекса. Наблюдаются отрицательные аномалии по высокозарядным элементам (Zr , Hf , Nb , Th) и положительные аномалии по крупноионным литофильным элементам (Ba , Sr), Pb и U .

Эти особенности отличают исследованные породы от толеитовых базальтов океанических плато и СОХ и отвечают субдукционно-связанной обстановке их формирования, типичной для островодужных толеитовых базальтов (например, Алеутской дуги), анкармитов и массивов Урало-Аляскинского типа.

Особенности состава гомогенизированных расплавных включений из клинопироксена пород усть-семиной свиты согласуются с данными по валовому составу интрузивных и эффузивных пород.

На дискриминационной диаграмме $TiO_2-SiO_2/100-Na_2O$, точки состава клинопироксена из эффузивов усть-семиной свиты и интрузивов барангольского комплекса попадают в поля анкармитов и толеитовых базальтов островных дуг, что дополнительно подтверждает субдукционно-связную геодинамическую обстановку их формирования.

Необходимо отметить, что наблюдаются отличительные особенности вулканитов Бийской постройки по составу клинопироксена, а именно, высокие содержания в нём TiO_2 и Al_2O_3 , небольшое обогащение лёгкими редкоземельными элементами, а также высокое содержание TiO_2 в породах и обогащение лёгкими редкоземельными элементами.

Можно предположить следующую модель формирования пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса: исходный расплав для пород усть-семиинской свиты и барангольского комплекса обладал высокими содержаниями MgO и CaO , и высоким отношением $CaO/Al_2O_3 > 1$, то есть имел анкармитовый состав. Этому составу соответствуют вулканы первой группы (анкармиты) усть-семиинской свиты. При подъёме вверх, в промежуточных камерах, при кристаллизации оливина, клинопироксена и хромита из этой магмы образуются породы интрузий Апшухтинского типа. Формирование внешних зон кристаллов клинопироксена происходило из более фракционированного расплава в промежуточных камерах, либо при продвижении магмы к поверхности. Фракционная кристаллизация клинопироксена приводила к формированию магм, образовавших породы второй группы (диопсид-порфировые базальты) усть-семиинской свиты и габброиды барангольского комплекса, обогащённые плагиоклазом.

По теме диссертации опубликовано 5 научных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах по перечню ВАК. Благодарю всех за внимание!

Совскатель

Ученый секретарь
диссертационного совета, д.г.-м.н.

30.03.2022

Незар Кхлиф

О.М. Туркина