

«УТВЕРЖДАЮ»

директор Федерального Государственного
Бюджетного Учреждения Науки
Дальневосточный Геологический
Институт ДВО РАН
д.т.н., Тарасенко И.А.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию АИЛО ЮССЕФА «Глубинные включения из кайнозойских вулканических пород Тункинской долины Байкальской рифтовой системы в структуре раннепалеозойского Слюдянского метаморфического комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 -Петрология, вулканология.

Представленная работа посвящена изучению глубинных включений, захваченных кайнозойскими щелочно-базальтовыми расплавами из литосферы раннепалеозойского метаморфического Слюдянского блока.

Актуальность работы заключается в назревшей необходимости построения реалистичного глубинного разреза литосферы и подлитосферной мантии, учитывающей как данные геофизической модели, так и результаты изучения щелочных базальтоидов и содержащихся в них глубинных включений.

Объект исследования – вулканические породы восточной части Тункинской долины Байкальской рифтовой системы и их глубинные включения.

Целью работы стало построение петрологического разреза литосферы корневой части древнего метаморфического блока, активизированной новейшей рифтовой структурой. Для решения поставленной проблемы были решены **задачи**: 1) систематизации поликристаллических глубинных нодулей из вулканических пород, основанная на химическом и минеральном составе; 2) определения условий равновесия для глубинных включений и 3) сравнительного анализа источников вулканитов Тункинской рифтовой долины и рифтовых структур Западной Сирии.

Фактический материал и методы исследований. Работа основана на коллекции из восточной части Тункинской долины, представленной 90 образцами вулканических пород из разрезов вулканических и вулканогенно-осадочных толщ. Выполнены определения петрогенных оксидов, микроэлементов и изотопных отношений Rb вулканических пород (19 образцов). Из щелочных оливиновых базальтов вулкана Карьерный для исследований отобрано более 200 образцов глубинных нодулей: шпинелевых перидотитов, иногда флогопит-амфиболсодержащих (32 образца), пироксенитов со шпинелью, флогопитом, реже, с апатитом, титанитом, плагиоклазом и амфиболом (31 образец) и габброидов (4 образца). Выполнены определения петрогенных оксидов и микроэлементов глубинных включений (29 образцов). Для сравнения изучались глубинные нодули других

местонахождений Тункинской долины. Просмотрено более 80 шлифов и проведена систематизация пород, изготовлено 10 шашек. При личном участии автора выполнено около 650 микронзондовых химических анализов минералов. Измерены концентрации редких элементов в оливинах методом лазерной абляции (около 40 определений, метод LA-ICP-MS) и в пироксенах (21 определение, метод ICP-MS).

Личный вклад. Автором собрана и обработана коллекция образцов вулканических пород и глубинных нодулей, проведена пробоподготовка и систематизация собранных образцов. Проведены петрографические, минералогические и статистические исследования. Полученные данные обобщены и интерпретированы, а результаты представлены в виде статей и сформулированы в виде защищаемых положений.

Научная новизна. Разработана систематика поликристаллических глубинных нодулей из вулканических пород Тункинской долины по химическому составу и составу минералов с оценкой РТ параметров. Для корневой части древнего метаморфического блока получен более крутой наклон тренда по сравнению с кондуктивными геотермами. Выявлено сходство источников вулканических пород Тункинской рифтовой долины и рифтовых структур Западной Сирии по процессам, проявленным в зоне коромантийного перехода континентальной литосферы.

Теоретическая значимость работы заключается в разработанной классификации глубинных включений, которая может быть использована при изучении подобных пород на других территориях. С практической стороны, глубинные нодули являются источником камнесамоцветного сырья, а щелочные базальтоиды Тункинской долины нередко содержат оливин и корунд ювелирного качества (хризолит и сапфир).

Апробация работы и публикации

По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 2 статьи из перечня ВАК (Литосфера, Известия Иркутского Государственного Университета), 1 статья в международном журнале (Minerals). Основные результаты работы апробированы на 13 конференциях (включая международные). Положения диссертации в достаточной мере отражены в публикациях.

Структура и объем работы.

Работа состоит из введения, восьми глав и заключения. Объем основного текста работы составляет 167 страниц, включая 81 рисунок и 8 таблиц. Четыре приложения содержат 30 рисунков и 18 таблиц. Список литературы состоит из 199 наименований

В *главе 1* дается общее описание геологических условий формирования Байкальской рифтовой зоны и Тункинской долины, в частности. Приводится обзор трех существующих гипотез ее формирования. Продемонстрировано геологическое строение Слюдянского кристаллического комплекса и рассмотрено пространственное распределение в нем кайнозойских вулканитов. Литературный обзор выполнен с достаточной детальностью. Обоснована актуальность поставленной проблемы, а Тункинская долина охарактеризована как пример рифтогенной активизации древнего метаморфического блока со складчатым строением и зональным метаморфизмом кристаллических пород.

Глава 2 описывает методики выполненных исследований. В ней дано детальное описание процедуры пробоподготовки и анализа образцов, рутинных методов оптической и электронной микроскопии, определения микроэлементов и возраста. Определение петрогенных элементов в породах проводилось методом количественного химанализа, в минералах – методом рентгеновской микроскопии. Распределение микрокомпонентов в

минералах и породах изучалось с помощью ICP MS и MC-ICP-MS. Вулканические породы датировались K–Ar методом на масс-спектрометре МИ 1201, содержания калия определялись методом пламенной фотометрии.

В главе 3 приводится детальный анализ геологической позиции молодых вулканитов Тункинской долины, их петролого-геохимические характеристики, оценки возраста базальтоидов и изотопные отношения свинца в породах. Охарактеризованы вулканиты Быстринской и Тункинской впадин, выполнено микроэлементное моделирование источников вулканических пород изучаемого района, датированы источники вулканических пород.

В качестве замечания к данной главе необходимо отметить не совсем удачное использование на диаграмме Th/Yb-Ta/Yb (рис.3.11 стр. 44) термина *континентальная мантия*. Есть общепринятый термин - **континентальная литосферная мантия**. В этой связи возникает вопрос о термине «*континентальная мантия*». Кроме того, вызывает сомнение и сама интерпретация полученных данных при использовании данной диаграммы. А именно автор объясняет “*смещения элементных отношений Th/Yb-Ta/Yb в изученных породах ниже мантийного направления океанических базальтов частичным плавлением мантийных источников с отделением компоненты, соответствующей континентальной коре*”. В действительности такое смещение отношений Th/Yb-Ta/Yb не отражает отделение коровой компоненты из обогащённого мантийного источника. Этот процесс гораздо более сложный и определяется вовлечением огромных масс коровых макро и микрокомпонентов (SiO₂, K₂O, BaO, LREE и др.), и происходил в гигантских масштабах только на ранней стадии эволюции Земли. На основании вариаций Th-Ta можно говорить лишь об отделении обогащённой некогерентными элементами, флюидизированной расплавной компоненты.

К недостаткам главы следует также отнести некоторые редакционно-технические погрешности, а именно несовпадения номеров рисунков, указанных в тексте работы, с номерами в подрисуночных подписях, отсутствие ссылок на упоминаемые в работе литературные источники. В частности на рис. 3.7. дана ссылка на номенклатуру вулканических пород, принятую Международным союзом геологических наук. Однако сам источник в списке литературе не приведен. Кроме того некоторые разделы главы плохо отредактированы в стилистическом отношении. Например, на стр. 37. написано “*Вулканические постройки находятся у южного края Слюдянского субтеррейна, на южных окончаниях, соответственно, Быстринской и Камарской вулканических зон, как бы ограниченных с юга изоградой гиперстена и областью широкого развития гранитоидного магматизма*”. Не вполне понятно, что хотел сказать автор. Если он хотел отразить глубинный состав фундамента и пространственную смену в нём метаморфических фаций, то следует развернуть эту характеристику и построить два предложения. А так это предложение звучит весьма несуразно. Южные окончания зон следует также подправить. Другой пример на стр. 42. “*Редкоземельные элементы (РЗЭ) пород Быстринской зоны и Тункинской впадины показывают обогащение легкими членами ряда. Нормированные спектры прямые.*” **Редкоземельные элементы пород не могут показывать обогащение лёгкими элементами (стиль!).** Что значит прямые спектры?? т.е. спектры распределения РЗЭ располагаются параллельно оси X. Однако, судя по рисунку 3.10 спектры, имеют слабый отрицательный наклон. Если же автор хотел сказать, что спектры РЗЭ не имеют, какие либо положительные или отрицательные аномалии по элементам, то так и надо писать.

Определенной редакционной правки требуют также подрисуночные подписи приведенные автором под отдельными классификационными диаграммами (рис.3.7; 3.8; 3.9 и др.). Например, стр.40 рис. 3.7. *Группирование пород(?) вулканов Быстринской зоны и Тункинской впадины на классификационной диаграмме щелочи – кремнезем.*

Глава 4 посвящена изучению и систематике глубинных включений. Сделана

попытка выделить 5 групп среди разнообразия включений лерцолитов и перидотитов в базальтоидах Тункинской долины. Однако выделение группы 4 по двум образцам, вызывает вопросы, равно как и отсутствие корреляции с широко известной классификацией Пирсона и соавторов (Pearson, D.G., Canil, D., and Shirey, S.B., 2014. *Treatise on Geochemistry. Mantle Samples Included in Volcanic Rocks: Xenoliths and Diamonds*. Elsevier, 169–253). В целом же отсутствие литературного обзора проблемы классификации глубинных нодулей приводит к мысли, что за последние 120 лет никаких исследований в этой области не проводилось.

В **5 главе**, самой объемной, приведены результаты петролого-геохимического анализа минералов, слагающих глубинные включения. На основании соотношения химических элементов в минералах автор выделяет 5 вышеупомянутых групп. Хотя, минералы 4 и 5 групп часто имеют аналогичные соотношения и объединяются самим автором в единое поле. Замечание здесь также вызывает подраздел «Минералы пикродолеритов», в котором приведены изображения минералов и их химсостав, но описание отсутствует. В качестве дополнительного замечания следует отметить, что не вполне понятно, по каким конкретно критериям автор определял принадлежность изученных им клинопироксенов к фассаитам.

Большое внимание в данной главе было также уделено обсуждению распределения микроэлементов в минералах из изученных глубинных включений. В частности на основании соотношений некоторых микроэлементов ((La/Yb)_n, Ti/Eu) автор приходит к выводу, что наблюдаемые вариации вариаций микроэлементов в проанализированных клинопироксенах могут быть вызваны под воздействием силикатного или карбонатного метасоматоза. Здесь следует отметить, что информативность приведенного материала по распределению РЗЭ в изученных минералах была бы еще более убедительной, если бы автор привел суммарные содержания РЗЭ в данных минералах.

В качестве замечаний к данному разделу работы отметим некоторые редакционно-стилистические погрешности. Например, на стр.77 написано “*В образце BS-14 наблюдаются краевые максимумы Th-U и краевые минимумы Rb-Ba, K-Nb-Ta < Zr-Hf с нижним граничным положением линии обр. BS-14 в правой части ряда.*” Что значит краевые максимумы и минимумы?

Глава 6 посвящена весьма интересной проблеме РТ моделирования условий образования глубинных включений из коллекции автора. На основании полученных температур и давлений равновесия делается аргументированный вывод о захвате включений базальтоидами на уровне безгранатовой литосферной мантии, а также о связи рифтогенного магматизма Тункинской долины со Слюдянским блоком гранулитового метаморфизма.

В качестве замечания в данной главе отметим параллельное использованием разных единиц измерения давления – ГПа по тексту и кбар в сводной таблице 6.1 все это несколько затрудняет восприятия материала для читателя.

В **главе 7** обсуждаются РТ условия захвата глубинных нодулей. Полученные автором данные для Тункинских базальтоидов, дополняются информацией о их корреляции с базальтоидами северо-восточной части Байкальского рифта (Витимское плато) и западной (Окинское плато). В исследованных породах автор отмечает присутствие магматических трендов, не характерных для пород Витимского и Окинское плато.

Глава 8 рассматривает геодинамическую позицию вулканитов Западного Прибайкалья в сравнении с аналогичными породами Сирии на основании геохимических характеристик источников этих пород. Автор, вслед за предшественниками, приходит к выводу о развитии исследуемого региона в рамках концепции деламинации утолщенной

литосферы. Развитие вулканизма в Западном Прибайкалье диссертант справедливо связывает с орогенезом в обстановках транстени и последовавшей сложной комбинации сжатия (со стороны Центрально-Азиатского орогена) и растяжения (в самом Байкальском рифте).

В заключении приведены результаты работы на одной странице. В работе предложено **три защищаемых положения:**

1. Глубинные нодулы из вулканических пород Карьерного вулкана, извергавшегося около 13 млн лет назад, представлены: 1) вторично обогащенными реститами шпинелевых перидотитов, 2) вторично обогащенными шпинелевыми перидотитами, близкими по составу к первичной мантии, 3) метасоматитами, 4) магматическими перидотитами, комплементарными реститам и 5) породами смешанного магматического и метасоматического генезиса. Петрогенетические группы глубинных нодул различаются между собой по составу породообразующих минералов: клинопироксена, оливина, хромшпинели, слюды, амфибола и полевых шпатов.

2. Под восточной частью Тункинской долины ниже слоя гранулитов находится слой авгитовых, салитовых, диопсидовых, фассаитовых и плагиоклазовых пироксенитов, габброидов и микропикродолеритов, сменяющихся слоем перидотитов и пироксенитов и более глубинным слоем реститовых гранатовых перидотитов.

3. В рифтовых структурах Западного Прибайкалья и Западной Сирии изливались кайнозойские магматические расплавы из источников континентальной мантии реститового типа, комплементарных материалу средней и нижней континентальной коры.

Первое защищаемое положение сформулировано на основании петрографического, химического и микрокомпонентного анализа глубинных нодул и минералов, слагающих их. Среди разнообразия включений лерцолитов и перидотитов в базальтоидах Тункинской долины выделены 5 групп. 1. Отсутствует четкость в критериях выделения групп глубинных включений. 2. Отсутствует литературный обзор по проблематичной и обсуждаемой на протяжении более 100 лет теме классификации глубинных нодул.

Второе защищаемое положение основано на результатах физико-химического моделирования химического состава минералов глубинных нодул. На основании РТ условий захвата включений сделан справедливый вывод о распределении включений в разрезе литосферной мантии.

В третьем защищаемом положении на основании петролого-геохимических характеристик вулканитов Западного Прибайкалья обосновывается сходство с аналогичными вулканитами Сирии. Глубинный источник определен как материал реститового типа, соответствующий глубинам литосферной мантии – нижней коры.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Основные данные и идеи диссертации достаточно полно отражены в автореферате.

Приведенные замечания носят дискуссионный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертации. По мнению рецензентов ведущей организации, диссертация, несомненно, является законченным научным исследованием и соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор Аило Юссеф заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – Петрология, вулканология.

Асеева Анна Валерьевна

канд. геол.-мин. наук, научный сотрудник ДВГИ ДВО РАН
лаборатории генетической минералогии и петрологии (ДВГИ ДВО РАН)
690022 Владивосток, пр-т 100 летия Владивостока, 159; <http://fegi.ru/>
E-mail: i@aaseeva.ru

Я, Асеева Анна Валерьевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Чащин Александр Адольфович

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник ДВГИ ДВО РАН
лаборатории геохимии (ДВГИ ДВО РАН)
690022 Владивосток, пр-т 100 летия Владивостока, 159; <http://fegi.ru/>
E-mail: achashchin@mail.ru

Я, Чащин Александр Адольфович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



11 августа 2022 года

Отзыв заслушан и одобрен в качестве официального отзыва организации на расширенном заседании лаборатории генетической минералогии и петрологии Дальневосточного геологического института ДВО РАН. Протокол № 1 от 12 августа 2022 года.

Заведующий лабораторией генетической
минералогии и петрологии
доктор геол.-мин. наук



Высоцкий С.В.

Подписи Асеевой Анны Валерьевны, Чащин Александр Адольфович,
и Высоцкого Сергея Викторовича заверяю

Зав. канцелярией. ДВГИ ДВО РАН



Стрельченко И.Г.