



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки «Дальневосточный
геологический институт ДВО РАН»,
доктор геолого-минералогических наук,

Тарасенко Ирина Андреевна

« 02 » декабря 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Жгилева Александра Павловича
**«Геохимия и происхождение щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов
Тэсийнгольского вулканического ареала Северной Монголии»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические
методы поисков полезных ископаемых

В работе А.П. Жгилева рассматривается один из наименее изученных кайнозойских вулканических ареалов Монголии — Тэсийнгольский. Выполненное диссертантом исследование направлено на установление источников, выяснение условий происхождения и минералого-геохимических особенностей внутриплитных щелочно-базальтовых магм, а также определение парагенетических связей сосуществующих с ними мегакристаллов.

Актуальность работы заключается в построении модели развития магматической системы Тэсийнгольского вулканического ареала. Получены данные о возрасте, минеральном и изотопно-геохимическом составе пород и ксеногенного материала. Актуальным также является определение условий происхождения мегакристаллов темноцветных минералов, процессов их преобразования, и роли карбонатного вещества в происхождении и эволюции щелочно-базальтовых магм.

Объект исследования: в качестве объектов, характеризующих Тэсийнгольский позднекайнозойский вулканический ареал Северной Монголии, выбраны вулканические центры Угуумур и Бодь-уул.

Целью работы является установление источников, условий происхождения и минералого-геохимических особенностей внутриплитных щелочно-базальтовых магм Тэсийнгольского ареала и определение парагенетических связей с сосуществующими мегакристаллами.

В ходе исследования были решены следующие **задачи:** 1) определен возраст формирования вулканических центров Тэсийнгольского вулканического ареала; 2) выполнена типизация пород и установлена направленность вещественной эволюции

вулканизма во времени; 3) определены составы минеральных парагенезисов вулканических пород и мантийных ксенолитов; 4) изучены калийные и темнокрасные мегакристаллы из пород ареала, установлены их состав, изотопные и микроэлементные характеристики; 5) исследованы процессы преобразования мегакристаллов при их транспортировке щелочно-базальтовыми магмами; 6) установлены парагенетические связи щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов в магматической системе; 7) определены источники вещества и роль карбонатного вещества в образовании и эволюции щелочно-базальтовых магм Тэсийнгольского ареала.

Фактический материал и методы исследований. Исследования выполнены на основе материалов, собранных автором лично в 2019–2024 годах в период работы и обучения в очной аспирантуре ИГХ СО РАН, а также с использованием данных, полученных от А.Б. Перепелова – научного руководителя соискателя.

Коллекция, использованная автором при исследованиях Тэсийнгольского вулканического ареала, включает 165 образцов пород, 162 мегакристаллов и 25 ксенолитов. Изучено более 80 шлифов пород, 30 аншлифов, получено более 3300 анализов минералов и около 80 анализов составов пород.

В работе использовались минералого-петрографические и изотопно-геохимические методы исследований. Структуры пород и их минеральный состав изучались с использованием поляризационных микроскопов. Составы минералов были установлены с применением EDS-метода микроанализа. Состав пород и мегакристаллов и отдельных ксенолитов, а также содержания в них редких элементов определены с применением рентгено-флуоресцентного метода, метода масс-спектрометрии с индукционно связанной плазмой и лазерной абляции. В работе использованы сведения по теме работы из российских и зарубежных литературных источников, а также материалы из геологических фондов.

Личный вклад. Автор лично участвовал в экспедиционных работах в Северной Монголии и изучал геологическое строение Тэсийнгольского вулканического ареала. Систематизировал коллекцию проб вулканических пород, мегакристаллов и ксенолитов. Автор осуществлял подготовку препаратов для минералого-геохимических исследований, лично участвовал в определении составов парагенезисов минералов с использованием EDS-метода микроанализа и электронного микроскопа, выполнял расчеты кристаллохимических формул минералов и проводил фотосъемку образцов пород и мегакристаллов. Выполнял классификацию пород и минералов, графические построения для демонстрации результатов исследований. Осуществлял интерпретацию полученных минералогических и изотопно-геохимических данных, проводил расчеты $P-T$ условий

формирования щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов ареала с использованием современных эмпирических геотермометров и геобарометров. Изучал процессы преобразования мегакристаллов под воздействием базальтовых магм. Проводил изучение и обобщение материалов научных публикаций по теме исследований. Лично и в соавторстве готовил и представлял на российских конференциях доклады и участвовал в подготовке публикаций по направлению работ для российских и зарубежных журналов. Все выводы и защищаемые положения диссертационной работы сформулированы лично автором.

В результате диссертант продемонстрировал значительную личную вовлечённость: лично осуществил сбор, обработку и анализ материалов, а также сформулировал научные выводы, благодаря чему исследование приобрело самостоятельный и законченный характер.

Научная новизна. Впервые дана геохронологическая, изотопно-геохимическая и минералогическая характеристика вулканических центров Угуумур и Бодь-уул, представляющих Тэсийнгольский вулканический ареал. Установлено широкое распространение в лавах и эруптивном материале ксенолитов перидотитов, пироксенитов и мегакристаллов салических и темноцветных минералов. Определено, что вулканическая активность Тэсийнгольского ареала происходила в раннемиоценовое (~17 млн лет) и после значительного перерыва в среднемиоценовое время (~12.5 млн лет).

Показано, что в раннем миоцене проявлялись щелочные базанитовые и фонотефритовые магмы, а в средне-миоценовое время были образованы субщелочные трахибазальт-трахиандезибазальт-трахиандезитовые комплексы пород. Установлен возраст мегакристаллов санидина (~15 млн лет). Определен состав минеральных ассоциаций вулканических пород Тэсийнгольского ареала.

В вулканических породах, полимиктовых брекчиях и ксенолитах Тэсийнгольского ареала обнаружено широкое развитие карбонатных фаз, установлена значительная роль карбонатного вещества в эволюции магматической системы. В породах ареала впервые обнаружены и исследованы мегакристаллы граната, апатита и флогопита. Изучены уникальные по составу Plm-Ap-Cal полимиктовые магматические брекчии. Получены микроэлементные и изотопные характеристики пород и мегакристаллов ареала. Определены РТ-условия происхождения щелочно-базальтовых магм, образования мегакристаллов Crx и Grt , а также изучены процессы преобразования мегакристаллов клинопироксенов под воздействием щелочно-базальтовых магм. На основе анализа изотопно-геохимических особенностей пород выдвинуто предположение о том, что в качестве одного из источников щелочно-базальтовых магм Тэсийнгольского ареала могло

быть вещество древней субдущированной океанической литосферы, а процессы магматической активизации в позднем кайнозое в Центральной Азии могут быть связаны с глобальными геодинамическими событиями.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования данных изотопного датирования пород Тэсийгольского вулканического ареала при корреляции геологических и геодинамических событий в кайнозое Центральной Азии. Петрологическое значение имеет определение РТ-условий происхождения щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов, а также установление изотопных признаков участия в магмообразовании древнего рециклированного вещества. Прикладное значение может иметь факт обнаружения среди продуктов извержений в ареале полимиктовых брекчий, обогащенных мегакристаллами ильменита, которые могут являться потенциальным сырьем для получения рудного концентрата.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 1 работа в журнале «Геодинамика и тектонофизика», 1 статья в международном журнале «Minerals». Основные результаты работы апробированы на 8 конференциях (включая с международным участием). Положения диссертации в достаточной мере отражены в публикациях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, общим объемом 181 страница, включая 67 рисунков, 6 таблиц, 29 табличных приложений. Список литературы состоит из 178 наименований

В *главе 1* приводится геологическая и геохронологическая характеристика всего Тэсийгольского вулканического ареала и вулканических построек Угуумур и Бодь-уул, в частности. Приводится характеристика ксенолитов и мегакристов из щелочных и субщелочных базальтоидов Угуумур и Бодь-уул. Приводятся результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования пород и включений в них.

Несмотря на информативность, в главе имеется ряд недостатков. Во-первых, практически отсутствует литературный обзор по поднятой проблеме. Автор ссылается в основном на работы сибирских и дальневосточных коллег. Современные фундаментальные работы по включениям [такие как Treatise on Geochemistry, II изд., 2014, III изд., 2025] не упоминаются. Во-вторых, возраст Бодь-уула (~17 млн. лет) определен по единственному образцу фонотефрита, что, на взгляд рецензентов, представляется, недостаточным. В-третьих, приводимые аббревиатуры минералов разнородны, нужно привести их согласно только Петрографическому кодексу [Петрографический кодекс, 2009] или только классификации Whitney & Evans [Whitney & Evans, 2010].

Глава 2 рассматривает петрографию и минералогию пород, составляющих вулканы Угуумур и Бодьуул. Изучены как вулканические породы, так и сосуществующие в них мегакристаллы и ксенолиты гипербазитов. Описаны минеральные парагенезисы наиболее характерных пород. Изучены минералы мегакристовой ассоциации: полевой шпат, клинопироксен, гранат, ильменит и слюда. Исследованы ксенолиты перидотитового и пироксенитового состава, полимиктовые брекчии и выделения карбонатов.

Полученные автором результаты весьма интересны, однако есть несколько спорных моментов. Мегакристы клинопироксена Тэсийнгольского ареала подверглись значительным вторичным изменениям и классифицируются диссертантом как омфацинты на основании того, что их химические анализы «рассчитываются на омфацинт». Однако клинопироксены мегакристов во всех литературных источниках — авгиты, структура кристаллов их соответствует определенным рентгеноструктурным параметрам. Из работы не ясно, проводились ли подобные кристалло-структурные исследования. Кроме того, необходимо учитывать минеральный парагенезис: в мегакристовой ассоциации пироксен соседствует с гранатом пироп-альмандинового состава+шпинель+санидин+биотит и др., а в эклогитах омфацинт сосуществует с гранатом гроссуляр-пироп-альмандинового состава + в подчиненном количестве кианит + оливин + КППШ + плагиоклаз + амфибол.

Глава 3 посвящена изучению геохимических особенностей вулканических пород (трахиандезибазальты, трахиандезиты, базаниты и фонотефриты), мегакристов (полевой шпат, клинопироксен, гранат, ильменит и слюда) и одного образца ксенолита гипербазитов. Установлено, что составы пород Тэсийнгольского ареала соответствуют мантийной последовательности распределения РЗЭ и являются внутриплитными. Особенностью составов пород Тэсийнгольского ареала является их относительное обеднение U и Th.

Диссертантом при обсуждении геохимических особенностей пород Тэсийнгольского вулканического ареала неоднократно приводятся значения соотношений La/Yb и Sm/Yb как определяющие степень фракционирования, но не указывается, нормированы ли содержания. Также впечатление о проделанной работе портит путаница в терминах: используются вперемешку определения из классификаций Вернадского, Гольдшмидта и Заварицкого. При описании корреляции Co-Ni, U-Th, Cr-W, Ta-Nb в названии — «редкие элементы». Подразумевались, вероятно, микроэлементы? Рекомендуем использовать более конкретные термины (вместо выражений типа «редкоэлементная характеристика») и разобраться с классификациями, использовать только одну из них.

В главе 4 выполнено РТ-моделирование условий образования щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов на примере вулканических построек Угуумур и Бодь-уул Тэсийнгольского вулканического ареала. Расчет величин давления и температуры образования магм вулканов Угуумур и Бодь-уул выполнен для безводных условий по формулам 16, 42 из [Putirka, 2008]. Величины давлений кристаллизации мегакристов Cpx были получены по геобарометрам [Putirka, 2008 и Sun, Liang, 2014], температуры образования ассоциации $\text{Cpx}+\text{Grt}$ были определены по распределению в них REE [Abbot, 2018]. На основании термобарогеохимических расчетов, установлено, что в истории эволюции магматической системы Тэсийнгольского вулканического ареала происходило уменьшение глубин магмообразования с формированием вначале щелочных магм вблизи границы астеносферной и литосферной мантии, а затем субщелочных расплавов в верхах литосферной.

Однако расчетные данные РТ-условий образования трахиандезибазальтовых расплавов вулкана Угуумур ($P=10-16 \pm 2.9$ кбар и $T=1192-1237 \pm 19$ °C) соответствуют границе коры и верхней мантии, что не согласуется с присутствием в лавах ксеногенного кварца.

В главе 5 поднят весьма интересный вопрос, касающийся условий и процессов преобразования мегакристаллов в магматической системе. Симплектитоподобные зоны в мегакристах клинопироксена и трубчатые пустоты в мегакристаллах санидина интерпретируются как зоны плавления и перекристаллизации.

Однако соискатель недостаточно знаком с литературными источниками по этой тематике. Не упомянуты работы Е.В. Шаркова, который изучал подобные пироксены и амфиболы в СЗ Сирии [Шарков Е.В. и др., 2022].

Глава 6 рассматривает источники вещества и модель эволюции магматической системы Тэсийнгольского вулканического ареала. Рассматриваются геодинамические условия позднекайнозойской внутриплитной активизации в Центральной Азии. Приводятся изотопные (^{87}Sr , ^{86}Sr , ^{143}Nd , ^{144}Nd , ^{206}Pb , ^{204}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb) характеристики пород и мегакристаллов Тэсийнгольского вулканического ареала. На основании полученных геохимических данных выполнено микроэлементное моделирование процессов плавления. Также в главе обсуждаются вероятные источники вещества и приводится авторская модель формирования мегакристаллов, щелочно-базальтовых магм и эволюции магматической системы Тэсийнгольского ареала Северной Монголии.

Выводы, полученные диссертантом, в значительной мере дискуссионны. Во-первых, не раскрыта причина низких изотопных отношений свинцов и низких содержаний U и Th, хотя и предполагается, со ссылкой на работу [Саватенков и др., 2010], их древний

источник. Эти значения могут служить свидетельством присутствия древнего раннедокембрийского фундамента и стабильности тектонического положения рассматриваемой территории.

Во-вторых, основным метасоматизирующим агентом мантийных магм служит карбонатный флюид. Все высокощелочные, обогащённые LILE, HFSE, REE базитовые магмы и кимберлиты сопровождаются исключительно карбонатным глубинным флюидом. Соответственно, нет причин привлекать плавление гипотетической субдуцированной океанической коры; составы базанитов и фонотефритов отличаются от OIB более высокими концентрациями многих LILE, HFSE и REE, что не позволяет привлекать механизмы плавления субдуцируемой плиты.

Кроме того, иногда утверждения соискателя противоречат ранее высказанным, например, даётся ссылка на работу [Akinin et al., 2005] как утверждение модели образования мегакристов в результате фракционной кристаллизации, но затем говорится, что магматические расплавы, которые транспортируют мегакристаллы к поверхности, не могут продуцировать их в процессе кристаллизационной дифференциации со ссылкой на [Akinin et al., 2005]. Не мегакристаллы формируют жилы, а мегакристаллы могут быть отторженцами пегматоидных жил (например, в литосферном фундаменте Британской провинции [Aspen et al., 1982], Восточной Австралии, Восточном Китае и Дальнем Востоке России)

В заключении диссертации приведены результаты работы. В работе предложено **четыре защищаемых положения:**

1. Вулканические центры Тэсийнгольского ареала Северной Монголии формировались в раннем миоцене (~17 млн лет) с проявлением щелочных базанитовых и фонотефритовых магм и затем в среднемиоценовое время (~12.5 млн лет) с преобладанием субщелочных трахиандеизбазальтовых расплавов, высокой эксплозивной активностью и широким распространением в породах мантийных ксенолитов и мегакристаллов калийных и темноватых минералов. Возраст формирования мегакристаллов санидина составляет ~15 млн лет и находится во временном интервале активности магматической системы ареала.

2. В истории эволюции магматической системы Тэсийнгольского вулканического ареала происходило уменьшение глубин магнезиообразования с формированием вначале щелочных магм вблизи границы астеносферной и литосферной мантии в интервале давлений ~21-28 кбар и температур ~1360-1430 °C и затем субщелочных расплавов в верхах литосферной мантии при давлениях 10-16 кбар и температурах ~1190-1240 °C. Мегакристаллы гранатов и пироксенов были образованы в

гранатовой фации глубинности литосферной мантии при давлениях ~18-24 кбар и температурах ~1190-1330 °C.

3. При транспортировке мегакристаллов темноцветных минералов щелочно-базальтовыми магмами происходит преобразование гранатов, а также инконгруэнтное плавление пироксенов. В отличие от келифитовых и симплектитовых текстур в гранатах, в мегакристаллах Ca-Na пироксенов при давлениях ~0.5-11 кбар и температурах ~1150-1065 °C образуются ленточные и губчатые текстуры, представленные ассоциацией новообразованных Cpx авгитового и ферроавгитового составов, магнетита и высоко-Na стекла.

4. В образовании щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов Тэсийнгольского ареала принимали участие гранат- и карбонат-содержащие мантийные источники вещества, отвечающие в целом характеристикам обогащенной мантии EM1 типа с незначительным участием мантии типа PREMA. Происхождение таких источников связывается с процессами метасоматоза и газирования пород верхней мантии при участии вещества океанической литосферы, субдуцированной в геологическом прошлом.

Первое защищаемое положение сформулировано на основании геологических и геохронологических исследований Тэсийнгольского вулканического ареала. Возраст Угуумура определен по трахиандезибазальту (12.5 млн. лет, что совпадает с более ранними определениями) и по мегакристу санидина (~15 млн. лет).

Второе защищаемое положение основано на результатах физико-химического моделирования условий образования щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов на примере вулканических построек Угуумур и Бодь-уул Тэсийнгольского вулканического ареала. Расчет величин давления и температуры образования магм вулканов Угуумур и Бодь-уул выполнен для безводных условий по формулам 16, 42 из [Putirka, 2008]. Величины давлений кристаллизации мегакристов Cpx были получены по геобарометрам [Putirka, 2008 и Sun, Liang, 2014], температуры образования ассоциации Cpx+Grt были определены по распределению в них REE [Abbot, 2018]. Сделан вывод об уменьшении глубин магмообразования с формированием вначале щелочных магм вблизи границы астеносферной и литосферной мантии, а затем субщелочных расплавов в верхах литосферной.

Третье защищаемое положение отражает процессы преобразования мегакристаллов в магматической системе в результате инконгруэнтного плавления при их транспортировке щелочно-базальтовыми магмами и быстром снижении давления. Данные о PT режиме преобразования (~0.5-11 кбар; ~1150-1065 °C) получены в результате моделирования.

В четвертом защищаемом положении на основании петролого-геохимических и изотопных характеристик вулканитов Тэсийнгольского вулканического ареала предлагается модель формирования и эволюции щелочно-базальтовых магм и мегакристаллов. Предлагается пневматолитовая модель. Подчеркивается значение силикатно-карбонатной насыщенной флюидом фазы, образованной при участии палеоокеанической литосферы, субдуцированной в геологическом прошлом.

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 является законченным научным исследованием и соответствует требованиям, установленным пп. 9–11, 13–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года), а ее автор, Жгилев Александр Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Отзыв составлен Асеевой Анной Валерьевной канд. геол.-мин. наук, старшим научным сотрудником лаборатории генетической минералогии и петрологии ДВГИ ДВО РАН.

690022 Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, 159;

E-mail: barkar_anna@mail.ru

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

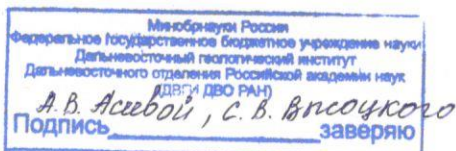
 Асеева А.В.

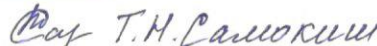
Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании отдела петрологии и минералогии Дальневосточного геологического института ДВО РАН (протокол № 3 от 06.11.2025 года).

Заведующий отдела петрологии и минералогии Дальневосточного геологического института ДВО РАН



Высоцкий С.В.



Специалист
по кадрам  Т.Н. Самохин



02.12.2025

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук (ДВГИ ДВО РАН).

Адрес: Россия, 690022, г. Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, 159.

Телефон: +7 (423) 231-87-50, +7 (423) 231-85-20

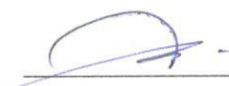
E-mail: director@fegi.ru, office@fegi.ru

Сайт: <https://www.fegi.ru>

Отзыв заслушан и утвержден Ученым советом ДВГИ ДВО РАН («27» ноября 2025 года, протокол № 5).

Председатель совета

д.г.-м.н.



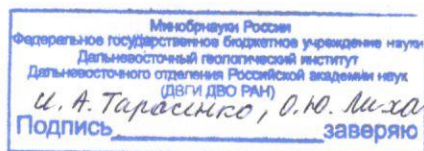
Тарасенко И. А.

Ученый секретарь совета

к.г.-м.н.



Лихачева О.Ю.



Специалист
по кадрам *Сар Т. Н. Саломин*
02.12.2025

