

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Института геологии
рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН

чл. ~~корр~~ РАН _____ В.А.Петров
2021



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шаповаловой Марии Олеговны «Петрология и рудоносность габброидных интрузий Хангайского нагорья (Западная Монголия)», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.3 – «Петрология, вулканология» и 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения»

Проблема природы габброидного магматизма и связанной с ним рудной минерализации элементов платиновой группы (ЭПГ) Cu, Ni, Ti, безусловно, является актуальной. Решения требуют многие вопросы, касающиеся типа источников рудоносных и безрудных массивов, особенностей дифференциации расплавов, приводящих к концентрированию рудных компонентов, геодинамической природе габброидного магматизма и его связь с крупными изверженными провинциями и иными проявлениями магматизма. Исследованию этих вопросов на примере позднепалеозойских мафит-ультрамафитовых массивов Хангайского нагорья западной Монголии посвящена диссертационная работа Шаповаловой М.О. В качестве объектов исследования автором выбраны 5 расслоенных перидотит-габбровых массивов, расположенных на периферии Хангайского гранитоидного батолита – одного из крупнейших батолитов Центральной Азии. Каждый из этих массивов имеет небольшие размеры, что позволило автору изучить их с необходимой детальностью.

Целью исследований Шаповаловой М.О. являлось выявление особенностей происхождения и металлогенической нагрузки габброидных массивов Хангайского нагорья на основе полевых геологических исследований, изотопно-геохронологических, петрографических, петрохимических, геохимических и минералогических данных.

Научная новизна исследования заключается в установлении связи изученных значительно разнесенных в пространстве массивов с единым пермским этапом

магматизма на основе полученных новых изотопно-геохронологических данных методами $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ по амфиболу и биотиту и SIMS по циркону; выявлении многофазного строения ряда массивов и определении их рудного потенциала на ЭПГ-Cu-Ni. В комплексе эти данные впервые позволили выделить и обосновать в Хангайском нагорье пермскую ЭПГ-Cu-Ni металлогеническую область. Безусловно, исследования диссертационной работы Шаповаловой М.О. имеют практическую значимость, поскольку полученные результаты могут быть использованы для прогноза и поисков ЭПГ-Cu-Ni месторождений с позиции связи рудной минерализации с проявлениями пермского магматизма.

В основу диссертации положен собственный значительный фактический материал автора, собранный им с коллегами в течение 5 полевых сезонов. Обработанная коллекция из более чем 100 образцов вполне представительна для таких исследований. Радиологические определения возраста (5 U-Pb и 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) выполнены для четырех из пяти массивов. Обработка материалов осуществлялась традиционным набором методов: петрографическим исследованием шлифов и аншлифов; определением состава минералов на электронном микроскопе с ЭДС и электронном волновом микронзонде; установлении содержания главных компонентов рентгено-флуоресцентным анализом и микроэлементов и рудных компонентов (ЭПГ, Cu, Ni, Co, Zn и S) ICP-MS методом. Для одного из массивов выполнены геофизические исследования вектора магнитной индукции. Этот комплекс аналитических исследований не вызывает нареканий. Sm-Nd изотопно-геохимические результаты будут рассмотрены ниже.

Предлагаемая к защите диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Объем работы 195 стр., включает 60 иллюстраций и 36 таблиц в тексте и Приложениях. Список литературы состоит из 200 источников.

Глава 1 «Геологическое строение Хангайского нагорья» предваряется достаточно объемным историческим обзором изучения территории. Напротив, собственно геологическому описанию столь сложной структуры как Центрально-Азиатский складчатый пояс, и непосредственно Хангайскому нагорью уделено немного внимания. В этой же главе обоснован выбор объектов исследования, который определялся, прежде всего, наличием известной сульфидной минерализации.

В Главе 2 «Методы исследования» детально описаны применяемые аналитические методики, типы и характеристики приборов, пределы обнаружения элементов. Приведенная в этой главе информация достаточно полно характеризует все используемые в диссертационной работе методы исследования.

В главе 3 «Петролого-геохимическая характеристика и геохронология габброидных массивов Хангайского нагорья» последовательно от массива к массиву рассмотрено их

геологическое строение, выделены фазы внедрения, описаны петрографические разновидности, охарактеризованы составы породообразующих минералов, приведена петро- и геохимическая характеристика пород, представлены новые геохронологические данные. Эта глава основана на собственных данных автора и полученных по авторским образцам результатам анализов. Наиболее подробно описан массив Орцог-Ула, на котором также выполнены геофизические работы и построена карта аномальных значений модуля вектора магнитной индукции. Этим методом закартирован плохо обнаженный контакт первой и второй фаз массива.

Глава 4 «ЭПГ-Cu-Ni минерализация Хангайского нагорья» посвящена сульфидной минерализации изученных массивов. Состав минералов описан детально, графики достаточно полно отображают вариации составов и различия между массивами. При описании сульфидной минерализации показаны тренды изменения минералов как в пределах различных магматических фаз отдельных массивов, так и по интрузивам в целом. Полученные ранее описания существенно медной минерализации в массиве Номгон – достаточной редкой для расслоенных интрузивов, объединены с авторскими исследованиями, тогда как для остальных массивов изучение сульфидной минерализации является целиком оригинальным. Геохимические особенности распределения цветных (Cu, Ni и Co) и ЭПГ описаны в полном объёме и хорошо показаны. При изучении благороднометалльной минерализации список минералов ЭПГ пополнился авторскими результатами.

В главе 5 «Обоснование защищаемых положений» систематизированы данные о возрасте габброидных массивов и проведено сопоставление с опубликованными данными по интрузивным комплексам Хангая. Здесь в сравнительном плане рассмотренных геохимические характеристики изученных массивов, в особенности массивов Орцог-Ула и Ямат-Ула, в которых выделено несколько фаз внедрения разного состава и где возможно установить эволюционные тенденции.

В разделе, посвященном ЭПГ-Cu-Ni минерализации, приведено обоснование выделения Хангайской пермской потенциально-рудоносной металлогенической области. Здесь проведено сопоставление минерализации массивов Хангая с другими месторождениями мира и обосновано предположение о возможном высоком содержании платиноидов в нескрытых частях интрузий Орцог-Ула и Номгон.

Завершает главу обзор геодинамических моделей становления габброидных массивов Хангайского нагорья. Здесь рассмотрены две альтернативные модели пермского магматизма: воздействие мантийного плюма в анорогенных условиях и развития активной континентальной окраины Монголо-Охотского океана. Столь различающиеся модели для

одного и того же магматизма говорят о сложности истории развития региона и неоднозначности интерпретации геохимических данных.

К диссертационной работе Шаповаловой М.О. можно сделать следующие замечания:

- прежде всего, непродуманной является структура работы. Последняя глава «Обоснование защищаемых положений» во многом повторяет материал глав 3 и 4. Раздел о геодинамических моделях, которые не фигурируют в защищаемых положениях, представляется здесь неуместным;

- геологическая характеристика региона, т.е. Центрально-Азиатского складчатого пояса представлена лишь картой рельефов Монголии с очень ограниченными комментариями, т.е., по сути, отсутствует. А это регион, геологической истории которого посвящено тысячи работ;

- в работе изобилуют повторы или очень схожие рисунки, например рисунок 3.1 и 3.13 полностью сдублированы, рисунок 5.4 скомпилирован из рисунков 3.11 и 3.28 и др.;

- в главе 3 в массиве Орцог-Ула описана обратная последовательность пород внутри выделенных ритмов, которую соискатель связывает с «прокинутым залеганием массива Орцог-Ула». Во-первых, терминологически такая формулировка недопустима для интрузивных тел. Во-вторых, пост-пермских тектонических событий, которые могли бы привести к столь масштабному изменению первоначального положения массива в регионе не было. В массиве Дулан-Улан, располагающемся в этом же тектоническом блоке в непосредственной близости к массиву Орцог-Ула, подобных нарушений не зафиксировано;

- для пород массива Орцог-Ула автором получены оценки температуры кристаллизации магм. Во-первых, это сделано только для массива Орцог-Ула, поэтому цель этих оценок неясна. Во-вторых, для пород второй фазы получена температура 1575,5°C. Учитывая, что это поздняя фаза, содержащая биотит и амфибол, т.е. минералы, кристаллизующиеся из богатого водой уже дифференцированного расплава, такая высокая температура нереальна. Материал автора позволяет оценить температуру магм другими методами, что не было сделано;

- в работе утверждается, что «изученные массивы могли быть сформированы на ранних стадиях Хангайского батолита, предшествуя внедрению гранитоидов», однако геологические взаимоотношения для массивов Ямат-Ула и Манхан-Ула отчетливо говорят о более раннем гранитоидном магматизме. Этому не противоречат и геохронологические данные, согласно которым вмещающие массив Ямат-Ула гранитоиды внедрились около 293 млн лет назад (Ярмолук и др., 2019), тогда как габброиды 263-256 млн лет назад;

- в работе использованы данные изотопного состава Nd, однако таблица 5.2 с аналитическими данными неполная – отсутствуют концентрации Sm и Nd, полученные методом изотопного разбавления, что затрудняет оценку качества анализов. Отношение $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ не коррелирует с Sm/Nd отношением, полученным методом ICP-MS. Приведенные отношения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ говорят о совершенно иной геохимии пород, например лейкогаббро Ш220-14/10 с $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.085109$ должно быть резко обогащено легкими редкоземельными элементами, что не наблюдается в спектрах на рис. 3.28 и в таблице. Аналогичное несоответствие наблюдается и для других пород с измеренным изотопным составом Nd. В связи с этим, во втором защищаемом положении смена мантийного источника с деплетированного на обогащенный изотопными данными не обоснована.

- в тексте рассматривается троилит с примесью никеля 0.49%, который отсутствует в таблице 4.1. Обычно троилит не содержит высоких примесей никеля и наоборот отличается чистотой от микропримесей, что и отражено в таблице 4.1;

- вызывает недоумение фраза на стр. 99: «Скорее всего, платина входит в холлингвортит в виде сперрилита, а не в виде платорсита, что подтверждается избытком мышьяка в сульфоарсенидах, содержащих Pt». Очевидно имеется ввиду не изоморфное замещение металла в структуре холлингвортита, а наличие другого минерала в холлингвортите? Если платина присутствует в холлингвортите в виде субмикронных включений сперрилита (или платорсита), то где доказательства? В противном случае — это искаженное представление об изоморфизме как о вхождении одного минерала в структуру другого;

- в работе пирротин рассчитывался по схеме пентландита, а не по схеме Fe_{1-x}S₁. Причина выбора такой схемы расчета не обоснована в тексте;

- представление сульфидных минералов в целом по массиву, без указания конкретных проб, в которых они обнаружены, весьма неудачно, поскольку отсутствует возможность провести сопоставление минерального состава по конкретным пробам и невозможно определить пирротин какого состава сростается с пентландитом или халькопиритом?

Высказанные замечания говорят о «поспешности» в подготовке структуры и текста диссертационной работы. Многие фразы в работе не согласованы. В тоже время она хорошо и грамотно иллюстрирована. Фактический материал представлен в необходимом объеме. Все ссылки даны на актуальные литературные источники.

Наиболее важным результатом диссертационной работы Шаповаловой М.О. представляется обоснование потенциальной ЭПГ-Cu-Ni металлогенической области на

территории Хангайского нагорья и установление связи благороднометалльной минерализации с пермским габброидным магматизмом. Полученные в работе данные о возрасте ряда массивов позволили существенно пересмотреть их геологическую позицию и связать воедино сложный мантийный габброидный и коровый гранитоидный магматизм в Хангае.

Представленная диссертационная работа Шаповаловой М.О. выполнена на высоком профессиональном уровне, является законченным научным исследованием и отвечает квалификационным требованиям Положения ВАК о присуждении ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Основные результаты исследований опубликованы в 4-х статьях из перечня ВАК и докладывались на конференциях. Защищаемые положения обоснованы. Содержание автореферата полностью отражает содержание диссертационной работы, а ее автор Шаповалова Мария Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.3 – «Петрология, вулканология» и 1.6.10 – «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения».

Козловский Александр Михайлович

кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории редкометального магматизма ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук

Почтовый адрес: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35, ИГЕМ РАН

Телефон: +74992308492

E-mail: amk@igem.ru

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

07.12.2021

Полозов Александр Георгиевич

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Лаборатории геохимии имени академика А.Е. Ферсмана ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук

Почтовый адрес: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35, ИГЕМ РАН

Телефон: +74992308433

E-mail: a.g.polozov@mail.ru

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

07.12.2021

Никифоров Анатолий Викторович

доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Лаборатории редкометального магматизма ФГБУН Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук

Почтовый адрес: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 35, ИГЕМ РАН

Телефон: +74992308205

E-mail: nikav@igem.ru

Я, Никифоров Анатолий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

07.12.2021

Отзыв на диссертационную работу Шаповаловой Марии Олеговны рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации на совместном заседании Лаборатории редкометального магматизма и Лаборатории метаморфизма и метасоматизма им. академика Д.С. Коржинского ИГЕМ РАН 07 декабря 2021 г., Протокол № 1.

Заведующий лабораторией
редкометального магматизма

В.В. Ярмолюк

Заведующий лабораторией
метаморфизма и метасоматизма
им. академика Д.С. Коржинского

В.М. Козловский

Подпись руки *Шаповаловой А.И.*
удостоверяется. *Никифоров А.В.*
Шаповалова М.О.
Заведующий канцелярией Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института геологии рудных
месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук МИНОБРНАУКИ России