

ОТЗЫВ

официального оппонента Орсоева Д.А. на диссертацию Шаповаловой Марии Олеговны «Петрология и рудоносность габброидных интрузий Хангайского нагорья (Западная Монголия)», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.3 - Петрология, вулканология; 1.6.10 - Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Диссертационная работа М.О. Шаповаловой посвящена изучению группы габброидных массивов, расположенных на западе Монголии в пределах Хангайского гранитного батолита пермского возраста, который относится к одноименной крупной изверженной провинции. Естественно возникает вопрос о природе таких габброидных интрузивов и существуют ли между ними и гранитным батолитом генетические или парагенетические связи. Решению этих вопросов в целом и посвящены петрологические исследования диссертанта, что является безусловно актуально. Как известно, с ультрабазит-базитовыми комплексами связаны разнообразные проявления Ni, Cu, Cr, V, Ti, элементов группы платины (ЭПГ). На их примере рассматриваются многие вопросы петро- и рудогенеза, решение которых позволяет прогнозировать и выявлять новые месторождения и рудопроявления. Поэтому практическая значимость полученных результатов также не вызывает сомнений.

Научная новизна исследований заключается в том, что соискателем с использованием современных геологических, минералогических, изотопно-геохимических методов проведена типизация пяти габброидных массивов, выявлено в двух из них полифазное строение, получены новые геохронологические данные о пермском этапе становления изученных массивов, а также впервые детально описана ЭПГ-Cu-Ni минерализация, что позволило соискателю выделить для этого района пермскую металлогеническую эпоху.

Работа основана на обширном фактическом материале, собранном автором диссертации и сотрудниками лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций ИГМ СО РАН и включающем около 160 геохимических проб и образцов, которые были проанализированы различными методами. В результате чего обработано около 700 анализов минералов (силикаты, сульфиды, платиноиды). С помощью рентгено-флюоресцентного и ICP-MS методов анализа определены содержания главных компонентов, редких, рудных элементов и элементов платиновой группы. Для изотопно-геохимической характеристики использовано 5 определений изотопного состава Sm и Nd, выполнено 5 U-Pb определений абсолютного возраста по цирконам и 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование по биотиту и роговой обманки. Для массива Орцог-Ула проведены геофизические исследования с построением карты значений вектора магнитной индукции. Использование перечисленных методов, наряду с традиционными, позволило успешно решить поставленные задачи и

способствовало получению новой, более достоверной, информации для генетических построений.

Предлагаемая к защите диссертация объемом 195 стр., включая 60 рисунков и 36 таблиц, часть из которых помещена в приложении, состоит из введения, пяти глав и заключения. Список литературы включает 200 наименований. Теперь кратко рассмотрим содержание каждой главы диссертационной работы.

В **первой главе** приводятся сведения по геологическому строению Хангайского нагорья. Начинается она с обширного обзора истории изучения не только данной территории, но и всей Монголии. При этом непосредственно самому району развития габброидных массивов и их геологической позиции уделено значительно меньше внимания. Других замечаний к этой главе нет.

Вторая глава посвящена детальному описанию использованных методов исследования пород и минералов. Спектр этих методов обширный и свидетельствует о профессиональной подготовленности и умелому использованию Марией Олеговной аналитических методик для решения той или иной конкретной задачи. Поэтому у рецензента к этой главе замечаний нет кроме одного – в табл. 2.4 не приведены единицы измерения пределов обнаружения элементов на микрозонде.

В **третьей главе**, основной по объему изложения результатов, приводятся петролого-геохимические характеристики и геохронологические данные по пяти габброидным массивам Хангайского нагорья (Орцог-Ула, Дулап-Ула, Манхан-Ула, Ямат-Ула и Номгон). В ней рассмотрены геологическое строение массивов, классификация и петрографическое описание всех типов пород, особенности химического состава породообразующих минералов, приведены содержания и распределения редких и редкоземельных элементов. Новые, полученные разными методами, геохронологические данные в купе с минералогическими, геохимическими и изотопными (Sm-Nd) позволили выделить двухфазное (Орцуг-Ула) и трехфазное (Ямат-Ула) строение массивов. Следует отметить, что наличие двух фаз внедрения в строении массива Орцуг-Ула было подтверждено также геофизическим зондированием. Данные этой главы легли в основу **первого и второго защищаемых положений**.

Замечания к главе 3:

- нет обоснования почему при расчете температуры кристаллизации пород массива Орцог-Ула с помощью программы COMAGMAT-5.2.2. использованы составы пород для первой фазы с содержанием MgO 4.35 %, а для второй – более высокое - 25.27 %. В результате чего для второй фазы получена завышенная температура кристаллизации равная 1575.5°C, что противоречит здравому смыслу, т.к. в породах этой фазы содержатся гидроксилсодержащие минералы – биотит и роговая обманка. По мнению рецензента. *PT*

параметры кристаллизации вполне обосновано можно было рассчитать по минеральным геотермобарометрам;

- если внимательно присмотреться, то главные минералы (оливин, диопсид, роговая обманка, плагиоклаз) из двух фаз внедрения массива Орцог-Ула по составу практически не различаются. Это наглядно видно на рис. 3.7. В тоже время для массива Ямат-Ула вообще не проведен сравнительный анализ выделенных фаз по составам одноименных минералов;

- если массив Орцог-Ула достаточно детально опробован, то для других массивов статистических данных опробования явно недостаточно, что влияет на достоверность полученных результатов;

- судя по содержанию петрогенных компонентов и их корреляционным связям (рис. 3.26, 3.27) породы первой и второй фазы массива Ямат-Ула являются, скорее всего, единой дифференцированной серией, подтверждается это и спектрами РЗЭ и спайдерграммами (рис. 3.28), отсюда и путаница с возрастными – породы первой фазы (256 млн лет) оказались моложе пород второй фазы (263 млн лет) (стр. 77);

- если для массива Номгон возраста, определенные по U-Pb и Ar-Ar методами, имеют хорошую сходимость (в пределах погрешности метода), то почему для массива Орцог-Ула наблюдается заметная разница (U-Pb - 272, Ar-Ar - 257 млн. лет);

В **четвертой главе** излагаются результаты изучения медно-никелевой и благороднометальной минерализации, обнаруженной в породах Орцог-Ула и Номгон. Анализ развития сульфидной минерализации позволил соискателю выделить две основные ассоциации сульфидов, показать на диаграммах характер изменения составов главных рудных минералов (пентландита и минералов группы пирротина) как внутри каждого интрузива, так и между массивами. Здесь следует отметить главный вывод о том, что состав несмесиной сульфидной жидкости зависит от степени фракционирования сосуществующего силикатного расплава. На основе распределения ЭПГ показано, что основным их концентратом является сульфидная жидкость, эволюция которой определяет соотношение легкоплавких и тугоплавких ЭПГ. Соискателем в массиве Номгон впервые обнаружены фрудит, сплав Au-Ag и описан твердый раствор холлингвортит-сперрилит. Построенные спектры распределения ЭПГ, рассчитанные на 100 % сульфид, для массивов Орцог-Ула и Номгон показали близость их к рудам известных месторождений (Талпах, Джинчуань, Камбалда). Изложенные результаты в этой главе легли в основу **третьего защищаемого положения**. В целом эта глава вызывает благоприятное впечатление, но тем не менее у рецензента имеются ряд замечаний и пожеланий.

- на стр. 96 утверждается, что троилит замещает гексагональный пирротин, однако эти минералы образуются при субсолидусном распаде твердого пирротинового раствора или Mss. Это наглядно видно на рис. 4.2 в;

- в табл. 4.1 не указаны типы пород, а сами анализы сульфидов не сгруппированы по совместной ассоциации, что было бы удобно обсуждать изменчивость их составов;

- на стр. 91 отмечается троилит с примесью никеля 0.49 мас. %, но такой анализ отсутствует в табл. 4.1. кроме того, такие высокие содержания Ni не должны быть в троилите, так как в сульфидных ассоциациях на всех Cu-Ni месторождениях в ряду троилит-гексагональный пирротин-моноклиный пирротин троилит практически не содержит Ni, а самыми высокими содержаниями характеризуется моноклиный пирротин, соответственно в ассоциации с ним находится и наиболее никелистый пентландит;

- из данных табл. 4.1 видно, что формулы минералов группы пирротина рассчитаны не совсем корректно: надо считать исходя из их формулы $(Fe,Ni)_{1-x}S_1$, а не из формулы $(Fe,Ni)_1S_1$

Пятая глава посвящена обоснованию защищаемых положений. Она по существу является повторением выше перечисленных глав. В первом подразделе приводятся данные по возрастам изученных массивов и отмечается, что формирование их произошло в пермское время в интервале 278-255 млн лет. Во втором – наиболее насыщенным фактическим материалом, в сравнительном плане обсуждаются петро- геохимические и изотопные данные, полученные для каждого массива, особенно для полифазных – Орцог-Ула и Ямат-Ула. В третьем подразделе изложены результаты изучения ЭПГ-Cu-Ni минерализации, на основании которых диссертантом обосновывается рудный потенциал на платиноиды глубинных частей массивов Орцог-Ула и Помгон. В завершающем подразделе 5.4 рассматриваются возможные геодинамические обстановки формирования массивов Хангайского нагорья. Анализируются две основные генетические модели: образование Хангайского гранитного батолита и ассоциирующих с ним габброидных массивов за счет воздействия крупного мантийного плюма в пермское время и проявление магматизма, связанного с процессами конвергенции при закрытии Палеоазиатского и Монголо-Охотского океанов в условиях активной континентальной окраины. Все это свидетельствует о сложности интерпретации геологической истории развития данного региона, тем не менее соискателем принята гипотеза, что базитовые магмы, ответственные за формирование пермских габброидных интрузивов, являлись источником тепла для образования Хангайского батолита. Последнее утверждение является чисто гипотетическим, не подкрепленное вескими доказательствами.

Некоторые общие замечания к тексту диссертации технического плана. На рис. 3.1а и 3.1б перепутаны названия массивов; наблюдается не соответствие количества анализов на диаграммах и таблицах, особенно это касается спектров распределения элементов; на геологической схеме массива Манхан-Ула (рис. 3.18) не показаны ультраосновные породы; на стр. 67 оливиновые и безоливиновые габбро названы средними породами; не указаны в

каких единицах построены диаграммы на рис. 4.3; в анализах пироксенов общепринято приводить миналы Fs, En, Wo. Есть замечания и к таблицам из приложения.

На защиту выносятся три защищаемых положения, по своему содержанию полностью соответствующие полученным результатам, и их достоверность не вызывает особых сомнений. В целом диссертационная работа хорошо оформлена и подкреплена информативными рисунками. Основные положения диссертации отражены в 22 печатных работах, в том числе в 4 рецензируемых зарубежных и российских журналах, рекомендованных ВАК. Представленные материалы докладывались на различных конференциях и совещаниях. Оценивая работу в целом, следует признать, что, несмотря на высказанные замечания, которые скорее носят рекомендательный характер, рассматриваемая диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и вносит заметный вклад в изучении мантийного базитового и корового гранитного магматизма Западной Монголии. Приведенные результаты позволили выявить между ними генетическую связь. Структура и содержание автореферата соответствуют тексту диссертационной работы, а ее автор Мария Олеговна Шаповалова заслуживает присвоения 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.

Старший научный сотрудник лаборатории геодинамики

Геологического института СО РАН

кандидат геолого-минералогических
наук по специальности минералогия и

кристаллография

13.12.2021 г.

Орсоев Дмитрий Анатольевич

Адрес: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба
Геологический институт СО РАН (ГИН СО РАН)
e-mail: magma@ginst.ru, т. 8 914 634 61 84

Я, Орсоев Дмитрий Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Орсоева Д.А. заверяю
Главный специалист по кадрам ГИН СО РАН
«13» декабря 2021 г.



Л. Зангеева