

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.050.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28.12.2021 г. № 03/14

О присуждении Шаповаловой Марии Олеговне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация **«Петрология и рудоносность габброидных интрузий Хангайского нагорья (Западная Монголия)»** по специальностям 1.6.3 – «петрология, вулканология», 1.6.10 – «геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» принята к защите 26.10.2021 г. (протокол № 03/10) диссертационным советом 24.1.050.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, проспект академика Коптюга, 3), приказ МИНОБРНАУКИ России № 561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Шаповалова Мария Олеговна, 1994 года рождения, в 2017 году окончила магистратуру Геолого-геофизического факультета Новосибирского геологического факультета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет») по направлению подготовки 05.04.01 Геология. Обучалась в аспирантуре Новосибирского государственного университета с 2017 по 2020 год. Работает младшим научным сотрудником в ФГБУН Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций (№ 211) ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения.

Научные руководители: Надежда Дмитриевна Толстых, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН. Роман Аркадьевич Шелепаев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Официальные оппоненты: Медведев Александр Яковлевич, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», старший научный сотрудник Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН (664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1-а, п/я 304); Орсов Дмитрий Анатольевич, кандидат геолого-минералогических наук по специальности 04.00.20 «минералогия, кристаллография», старший научный сотрудник Геологического института СО РАН (670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а) дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии,

минералогии и геохимии Российской академии наук, г. Москва в своём положительном заключении, подписанном Никифоровым Анатолием Викторовичем, доктором геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником лаборатории редкометального магматизма, Козловским Александром Михайловичем, кандидатом геолого-минералогических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории редкометального магматизма, Полозовым Александром Георгиевичем, кандидатом геолого-минералогических наук, старшим научным сотрудником лаборатории геохимии имени академика А.Е. Ферсмана **указала**, что выполненная М.О. Шаповаловой диссертационная работа является законченным научным исследованием, которое вносит существенный вклад в решение проблемы эволюции ультрамафит-мафитовых магм и обоснование пермского этапа становления габброидных массивов Хангайского нагорья Монголии. Практическая значимость работы М.О. Шаповаловой состоит в выделении пермской ЭПГ-Cu-Ni металлогенической области.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы по теме диссертации, в том числе 4 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1. Шаповалова М.О., Толстых Н.Д., Шелепаев Р.А., Цибизов Л.В. Петрология и геохронология перидотит-троктолит-габбрового массива Орцог-Ула, Западная Монголия // Геология и геофизика, 2019, т. 60, № 8, с. 1069-1090.

2. Shapovalova M., Tolstykh N., Shelepaev R., Kalugin V. PGE-Cu-Ni Mineralization of Mafic-Ultramafic Massifs of the Khangai Upland, Western Mongolia // Minerals, 2020, v. 10, p. 942.

3. Tolstykh N.D., Zhitova L.M., Shapovalova M.O., Chayka I.F. The evolution of the ore-forming system in the low sulfide horizon of the Noril'sk 1 intrusion, Russia // Mineralogical Magazine, 2019, pp. 1-22.

4. Tolstykh N.D., Krivolutskaya N.A., Safonova I.Yu., Shapovalova M.O., Zhitova L.M., Abersteiner A. Unique Cu-rich sulphide ores of the Southern-2 orebody in the Talnakh Intrusion, Noril'sk area (Russia): Geochemistry, mineralogy and conditions of crystallization // Ore Geology Reviews, 2020, pp. 1-23.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов (все положительные, из них 3 без замечаний) от: 1) **Баркова А.Ю.**, д.г.-м.н., главного научного сотрудника, заведующего лабораторией «Промышленная и рудная минералогия» Череповецкого государственного университета, **Никифорова А.А.**, к.г.-м.н., научного сотрудника лаборатории «Промышленная и рудная минералогия» ЧГУ; 2) **Баяновой Т.Б.**, д.г.-м.н., главного научного сотрудника, заведующей лабораторией геохронологии и изотопной геохимии ФГБУН Геологического института Кольского научного центра РАН; 3) **Гертнера И.Ф.**, к.г.-м.н., доцента кафедры петрографии ГГФ ТГУ; 4) **Гладкочуб Д.П.**, д.г.-м.н., член-корреспондента РАН, директора ФГБУН Института земной коры СО РАН, **Донской Т.В.**, д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории палеогеодинамики ФГБУН ИЗК СО РАН; 5) **Криволуцкой Н.А.**, д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории геохимии магматических и метаморфических пород ФГБУН Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН; 6) **Малича К.Н.**, к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории геохимии и рудообразующих процессов ФГБУН Института геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН; 7) **Монгуш А.А.**, к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории

геодинамики, магматизма и рудообразования Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН; 8) **Округина А.В.**, д.г.-м.н., главного научного сотрудника ФГБУН Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН; 9) **Сазонова А.М.**, д.г.-м.н., профессора кафедры геологии, минералогии и петрографии института горного дела, геологии и геотехнологий СФУ, **Сильянова С.А.**, к.г.-м.н., ведущего инженера, старшего преподавателя кафедры геологии, минералогии и петрографии института горного дела, геологии и геотехнологий СФУ; 10) **Серова П.А.**, к.г.-м.н., старшего научного сотрудника ФГБУН Геологического института Кольского научного центра РАН; 11) **Шайбекова Р.И.** к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории минералогии Института геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения РАН; 12) **Якич Т.Ю.**, к.г.-м.н., доцента отделения геологии Инженерная школа природных ресурсов ФГАОУВО «Национального исследовательского Томского политехнического университета».

В отзывах отмечается высокий уровень выполненных исследований, ясность изложения материала, аргументированность сделанных выводов, применение обширного набора современных методов изучения пород. Полученные результаты являются значимым вкладом в комплексное изучение базитового магматизма Западной Монголии и имеют практическую значимость, поскольку могут быть использованы для прогноза и поисков ЭПГ-Cu-Ni месторождений с позиции связи рудной минерализации с проявлениями пермского магматизма. К несомненным достоинствам работы относится получение новых данных о возрасте и происхождении пород габброидных массивов на территории Хангайского нагорья.

Основные замечания и комментарии касаются: 1) отсутствия графических данных по Ar-Ar датированию (Баянова Т.Б.); 2) соотношения возрастов пород первой и второй фазы массива Ямат-Ула, возрастов, полученных различными методами и использованных диаграмм, а также сопоставления новых данных с ранее опубликованными результатами датирования (Малич К.Н., Шайбеков Р.И., Сазонов А.М., Сильянов С.А.); 3) интерпретации Sm-Nd изотопных данных (Донская Т.В., Гладкочуб Д.П.); 4) корректности выделения пород с контрастными геохимическими характеристиками в качестве различных фаз, а не комплексов (Криволуцкая Н.А.); 5) недостаточности описания геологического строения массивов, петрографической и петрохимической типизации пород и описания характера распределения сульфидов в изученных объектах (Гертнер И.Ф.); 6) полноты информации о валовом содержании ЭПГ (Сазонов А.М., Сильянов С.А.); 7) возрастных и генетических взаимоотношений базит/ультрабазитов и гранитоидов Хангайского батолита (Якич Т.Ю., Гертнер И.Ф.); 8) геодинамических условий формирования базит/ультрабазитовых массивов (Донская Т.В., Гладкочуб Д.П.; Сазонов А.М., Сильянов С.А.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Медведев А.Я. и Орсов Д.А. являются высококвалифицированными специалистами в области петрологии и рудоносности ультрабазит/базитовых комплексов. Оппоненты имеют целый ряд публикаций в соответствующей диссертационной работе сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН) обосновывается

тем, что она имеет структурные подразделения, направление научно-исследовательской деятельности которых полностью соответствуют тематике диссертации (лаборатория геохимии имени академика А.Е. Ферсмана, лаборатория редкометального магматизма). Специалисты этих лабораторий могут объективно и аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **установлен** позднепалеозойский возраст габброидных массивов Хангайского нагорья, **определены** основные петролого-геохимические характеристики и условия формирования изученных габброидных массивов, **доказано** участие различных мантийных источников (деплетированного и обогащенного) в образовании габброидов, **выделены** типоморфные особенности ЭПГ-Cu-Ni минерализации для исследованных габброидных массивов, **предложено** обоснование для выделения новой потенциальной ЭПГ-Cu-Ni металлогенической области в Хангайском нагорье.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1. По данным U-Pb (циркон) и Ar-Ar (амфибол, биотит) датирования формирование габброидных массивов Хангайского нагорья произошло в пермское время (278-255 млн. лет).

2. Ранние и поздние фазы пермских полифазных ультрамафит-мафитовых массивов Хангайского нагорья (Орцог-Ула и Ямат-Ула) отличаются по уровню содержания K, Ti, P и некогерентных элементов (HFSE и LILE), что обусловлено сменой мантийного источника с деплетированного на обогащенный.

3. Пермская потенциальная ЭПГ-Cu-Ni металлогеническая область в Хангайском нагорье представлена разновозрастными габброидными массивами с ЭПГ-Cu-Ni минерализацией. Формирование двух типов ассоциаций: халькопирит-пентландит-пирротиновой с преобладанием Pt-МПГ (Орцог-Ула) и борнит-кубанит-халькопиритовой с преобладанием Pd-МПГ (Номгон), обусловлено разной степенью фракционирования сульфидного расплава.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов: геологических, геофизических, петрографических, микрорентгеноспектральных, минералогических, геохимических, изотопных и геохронологических исследований ультраосновных и основных пород, а также ЭПГ-Cu-Ni минерализации. В процессе работы **выполнено** около 700 анализов состава минералов (породообразующих и рудных) путем микрозондового анализа и методом сканирующей электронной микроскопии, 96 рентгено-флуоресцентных анализов (XRF) на содержание главных компонентов, 39 масс-спектрометрических анализов с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на содержание редких элементов и 27 на содержание рудных элементов (Cu, Ni, Co, Zn и S) и ЭПГ (Os, Ir, Ru, Rh, Pt и Pd), 5 определений Sm-Nd изотопного состава пород, 5 U-Pb (SHRIMP-II) определений возраста по цирконам и 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования по биотиту и роговой обманке, **построена** карта аномальных значений вектора магнитной индукции для одного из массивов.

В диссертационной работе **обобщены** опубликованные и **получены** новые данные по геологической позиции, строению, минералого-петрографическим

особенностям, геохимическим, изотопным характеристикам и возрасту пород габброидных массивов Хангайского нагорья; **впервые описана** во всех изученных пермских массивах ЭПГ-Cu-Ni минерализация; **установлено**, что последовательное изменение минеральных парагенезисов обусловлено эволюцией рудоформирующих систем с увеличением степени фракционирования сульфидных расплавов (ростом фугитивности серы и халькопиритовой составляющей); **проведено** сравнение ЭПГ-Cu-Ni минерализация массивов Хангайского нагорья с эталонными рудами известных ультрамафитовых и мафитовых месторождений (Камбалда, Талнах, Джиньчуань).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что новые возрастные и петрологические данные по габброидным массивам могут быть использованы при корректировке схем магматизма Западной Монголии и для реконструкции геологической истории развития этого региона; результаты изучения сульфидной минерализации могут быть использованы для оценки рудного потенциала габброидных интрузий и для прогноза и поисков ЭПГ-Cu-Ni месторождений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что **результаты аналитических работ получены** с помощью современного сертифицированного оборудования. Состав пороодообразующих, акцессорных и рудных минералов определен в Центре коллективного пользования многоэлементных и изотопных исследований (ЦКП ИГМ СО РАН, г. Новосибирск). Волнодисперсионные (WDS) анализы пороодообразующих и рудных минералов были выполнены на рентгеноспектральном микроанализаторе JEOL JXA-8100. Энергодисперсионные (EDS) анализы сульфидов и платиноидов проводилась с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA 3LMU, совмещенного с энергодисперсионной системой химического анализа INCA Energy 450+ XMax 80. Содержания петрогенных компонентов определены методом рентгено-флуоресцентного анализа (XRF) на приборе Thermo Scientific ARL 9900, редких элементов – методом масс-спектрометрических анализов с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на масс-спектрометре Finnigan MAT Element-I (ЦКП ИГМ СО РАН). Определение рудных компонентов (Cu, Ni, Zn, Cr, S) проводилось на атомно - абсорбционном спектрофотометре Perkin Elmer AAnalyst 800, уровни концентраций элементов платиновой группы и Au были установлены методом ICP-MS на масс-спектрометре высокого разрешения Finnigan MAT ELEMENT-2 в Институте геохимии им. А.П. Виноградова (ИГХ СО РАН, г. Иркутск). U-Pb датирование проводилось на прецизионном вторично-ионном (SIMS) микрозонде высокого разрешения SHRIMP-II (ASI) в Центре Изотопных Исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург), определение возраста пород $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датированием по биотиту и амфиболу проводились в ЦКП ИГМ СО РАН. Анализы Sm-Nd были выполнены методом TIMS ThermoFinnigan Triton в Геологическом институте Кольского научного центра РАН (г. Апатиты).

Теория построена на результатах изучения геологического строения, возраста, изотопно-геохимических характеристик пород габброидных массивов Хангайского нагорья, а также состава ЭПГ-Cu-Ni минерализации массивов. **Идеи диссертации базируются** на общепринятых моделях формирования расслоенных интрузий, а также представлениях о формировании ЭПГ-Cu-Ni

