

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Орсова Д.А. на диссертацию Никифорова Андрея Александровича «**Минеральные ассоциации и зоны ЭПГ-хромитового оруденения ультрабазитового массива Падос-Тундра (Кольский полуостров)**», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения и 25.00.04 – петрология, вулканология

**Актуальность темы исследования.** Как известно с ультрабазитовыми комплексами связаны разнообразные месторождения Ni, Cu, Cr, V, Ti, элементов группы платины (ЭПГ). Поэтому они привлекают особое внимание исследователей. На их примере рассматриваются многие теоретические и практические проблемы петро- и рудогенеза, решение которых позволяет прогнозировать и выявлять новые месторождения и рудопроявления экономически значимых элементов. В этом смысле диссертационная работа А.А. Никифорова является несомненно актуальной. Она посвящена выявлению магматической расслоенности и условиям формирования хромитовых с ЭПГ минерализацией проявлений в слабоизученном массиве Падос-Тундра, относящийся к группе дунит-гарцбургит-ортопироксенитовых интрузивов Серпентинитового пояса Кольского полуострова,

**Научная новизна и практическая значимость** диссертационной работы заключается в том, что соискателем с использованием современных методов анализа минералов впервые для интрузива Падос-Тундра выявлена скрытая расслоенность, позволившая отнести массив к типу расслоенных интрузивов, показана принадлежность так называемого «Дунитового блока» к низам расслоенной серии, определены ассоциации и направления кристаллизации породообразующих минералов, в том числе и хромшпинелидов, в которых обнаружена и изучена ЭПГ минерализация с сульфоселенидами Ru и тесной ассоциацией лаурита с клинохлором. Все эти результаты могут быть использованы при выявлении металлогенической специализации подобных массивов и разработке поисковых критериев на хромитовое оруденение стратиформного типа в пределах Серпентинитового пояса.

**Фактический материал и методы исследований.** Работа основана на обширном фактическом материале, включающем более 300 геохимических проб и образцов, более тысячи анализов минералов и редких элементов в пробах пород массива. Опробование проведено по профилям как в крест простирания, так и поперек расслоенности массива. Для решения поставленных задач соискателем помимо традиционных методов исследования использованы самые современные, что способствовало получению более достоверных, обоснованных и принципиально новых данных.

Предлагаемая к защите диссертация объемом 232 стр., включая 39 таблиц и 58 рисунков, состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы (230 наименований).

**Во введении** обосновывается актуальность постановки темы, практическая значимость проведенных исследований. Сформулированы цели и задачи, описаны методы и фактический материал, а также приведены список публикаций соискателя, структура работы и защищаемые положения.

**В первой главе**, основной по объему, приводятся общие геологические сведения о массиве Падос-Тундра, обзор результатов предыдущих исследований, описывается методика опробования по профилям и обсуждение полученных аналитических данных по минералам с целью обосновать скрытую расслоенность и морфологию массива, как лополитоподобную структуру, и показать принадлежность Дунитового блока к ранним дифференциатам исходного расплава. Представляется, что эта глава пересыщена фактическим материалом, в частности, можно было перенести обсуждение степени магнезиальности исходного расплава и «гипермагнезиального оливина в главу 6, описание ойокристов ортопироксенов – в главу 2, а сравнительный анализ полученных результатов с другими объектами с генетическими построениями, вообще поместить в отдельной главе. Изложенные результаты в этой главе легли в основу **первого защищаемого положения**.

Замечания к главе 1:

Не дана характеристика вмещающих пород и не приведены данные о взаимоотношениях массива с ними. К сожалению, отсутствует отдельный раздел петрографической характеристики выделенных пород самого массива. Геологическая схема массива очень мелкая и поэтому плохо читаема, при этом хромититовые зоны в Дунитовом блоке надо было показать отдельно и более в крупном масштабе, поскольку в диссертации им уделяется особое внимание. Космические снимки не отображают эти детали. На рис. 3 б нет масштаба, т.к. он представляет фрагмент, то надо было показать его положение на рисунке общего вида массива. В магматической петрологии расслоенных базит-ультрабазитовых комплексов при рассмотрении процессов кристаллизационной эволюции расплава используют понятия кумулус и интеркумулус. Поэтому после ранних кумулусных оливина и хромита в интеркумулусе (или, как еще говорят, в интерстициях) накапливается Al, Ca, щелочи, флюиды и другие компоненты и происходит кристаллизация пироксенов, плагиоклазов и других флюидсодержащих минералов, в т. ч. и Са-амфиболов. Судя по рис. 9 и 10, амфибол такой есть. В табл. 10 ан. 5-7 диссертантом клинопироксен назван как авгит, однако по составу он отвечает диопсиду.

Нам представляется, что раздел 1.11 данной главы можно без потерь для диссертации вообще убрать или использовать в главе 6, где изложен сравнительный анализ с другими массивами.

Выводы по главе, как и по другим, очень пространные, нередко они повторяют текст самой главы, поэтому хочется пожелать автору диссертационной работы в будущих своих исследованиях выводы формулировать кратко и емко.

**Вторая глава** посвящена выделенным парагенетическим ассоциациям и трендам кристаллизации в ряду от акцессорных хромшпинелидов в расслоенной серии до хромитов в стратиформных хромититовых зонах Дунитового блока. В результате соискателем выделена следующая последовательность кристаллизации минерала: ядра магнезиохромита в стратиформных хромититах Дунитового блока → ядра хромита в богатой вкрапленности Дунитового блока и каймы хромита в Главном хромитовом горизонте Дунитового блока → акцессорный хромит в расслоенной серии. В этой главе, на наш взгляд, раздел 2.3 «описание магнезиального ильменита» лишняя. Можно было где-то в тексте, где описывается высокомагнезиальный состав сосуществующих минералов просто упомянуть о существовании такого ильменита. Результаты, изложенные в этой главе, отражены **во втором защищаемом положении**.

Замечания к главе 2:

При рассмотрении состава хромшпинелидов необходимо обязательно обсудить по какой классификации дается наименование тех или иных разновидностей минерала, тогда не было бы путаницы в их названии. Общепринятой в настоящее время является классификационная диаграмма, предложенная Н.В.Павловым (1949). Поэтому было бы нагляднее сопоставить составы хромшпинелей в графическом виде на этой диаграмме. Из трех выделенных ассоциаций хромшпинелидов (раздел 2.4) две первые практически одинаковые, т. к. обе локализуются в стратиформных хромититах и сегрегациях Дунитового блока и только третий тип контрастно различается от двух первых. Здесь же возникает вопрос, - чем отличаются сегрегации хромитов от собственно хромититов? Как известно, зональность в зернах хромшпинели имеет двоякую природу: магматическую и метаморфическую. По наблюдениям диссертанта зональные хромшпинели развиты только в хромититовых телах в Дунитовом блоке и ассоциируют они с оливином. В силу их практически синхронной кумулусной кристаллизации зональность не будет образовываться. Судя по рис. 26 и 30 зональность образовалась, скорее всего, в результате замещения хромшпинели магнетитом (хроммагнетитом) при серпентинизации оливина за счет привноса  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и выноса  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ , которые входят в состав антигорита и хлорита. Подобное мы наблюдаем и в хромшпинелях массива Падос-Тундра (см. табл. 20), в котором широко развита серпентинизация оливина.

В **третьей главе** приводятся данные по ЭПГ минерализации, обнаруженной в хромититах Дунитовог блока. В ней описаны лаурит-клинохлоровые сростания, очень мелкие выделения самородного рутения и дисульфоселениды рутения с предположением о существовании новой серии твердых растворов  $\text{RuS}_2\text{-RuSe}_2$ . Сделан вывод о том, что образование селенидов Ru связано с удалением серы из системы при воздействии гидротермальных флюидов. Данные этой главы легли в основу **третьего защищаемого положения**.

Замечания к главе 3:

Было бы желательно показать по какой классификации хлоритов был идентифицирован клинохлор. Анализы этого минерала не совсем качественные (табл. 23), т. к. при добавлении теоретического количества  $\text{H}_2\text{O}$  – 12 % анализ должен иметь сумму около  $100 \pm 1 \%$ .

В **четвертой главе** рассматриваются сфероидальные формы в дунитах, образовавшиеся в результате их химического выветривания. Они сложены тальком и тремолитом, которые нацело заместили ортопироксен. Здесь обсуждается последовательность образования сфероид. Нам представляется, что эта глава также излишняя, поскольку изучения этих образований в задачах не очерчено и для основной темы исследования практически ничего не дает.

**Пятая глава** посвящена результатам минералого-геохимического изучения ультраосновных тел г. Карека-Тундра, которые также входят в состав Серпентинитового пояса Кольского полуострова. В результате соискателем показано, что эти тела не являются дайками, а фрагментами какого-то одного массива, подвергшемуся интенсивному тектогенезу, и по ряду признаков близки ультрабазитовым породам массива Падос-Тундра. Следует заметить, что эта глава также излишняя и перегружает диссертационную работу. Либо эти данные можно было использовать в главе 6 (раздел 6.5) для сравнения при обсуждении общих генетических аспектов формирования массива Падос-Тундра.

Замечания к главе 5:

В табл. 27 приведены анализы состава только двух образцов, что явно мало для петрографической и петрохимической характеристики массива г. Карека-Тундра. Данные по РЗЭ и редким элементам вообще нигде не обсуждаются. Тогда для чего они в диссертации?

В **шестой главе** обобщаются и рассматриваются минералого-геохимические закономерности и условия формирования оливин-хромитовых парагенезисов и на их основе обсуждаются петро- и рудогенетические особенности зон ЭПГ-содержащих хромититов Дунитового блока. Приводится сравнительный анализ результатов по массиву Падос-Тундра с характеристиками известных ультрабазитов Фенноскандинавского щита и других регионов, обосновывается коматиитовый состав исходной магмы. Приведенные здесь геохимические данные использованы при рассмотрении первого защищаемого положения.

Изложенные результаты показывают хорошее знание соискателем опубликованных данных и умение применить их в доказательство того или иного вывода.

Замечания к главе 6:

При обсуждении состава исходного коматиитового расплава надо было бы привести полный химический состав приконтактной зоны массива, а не только  $MgO$  и  $FeO_{общ.}$ . При этом в тексте отсутствует петрографическое описание этой зоны, что очень важно для определения на самом ли деле она является зоной закалки массива.

В **заключении** приведены основные результаты проведенных исследований и сформулированы выводы. Текст большой, занимает 11 страниц.

Изложенный материал в диссертационной работе подан достаточно грамотно и написан на хорошем профессиональном языке. Помещенные рисунки, фотографии, таблицы хорошего качества. Вместе с тем, к тексту и к рисункам есть ряд замечаний. Так, многие диаграммы приведены небольшого размера и перегружены условными знаками, что затрудняет их осмысление, в некоторых аналитических таблицах не приведены единицы измерения «мас. %» и «г/т» (например, табл. 27, 37), кроме того, в табл. 37, 38 надо было бы в примечаниях, для удобства пользования, конкретно перечислить название пород, а не отсылать к таблице 1. На нескольких страницах (22, 24, 25, 72 и т. д.) вместо литературной ссылки стоит какая-то фраза (**Ошибка! Источник не найден**). Что это значит? На стр. 16 в ссылке на возраст указано (Толстых, 1997), а в автореферате – (Серов и др., 2018). Чему верить? Данные табл. 33 во многом повторяют таковые в табл. 1. В некоторых примечаниях к таблицам не соблюдается общепризнанный научный стандарт, так, например, написано « $TiC$  значит тальк». В списке использованной литературы не соблюден однообразный стандарт, согласно существующему ГОСТу.

Автореферат информативен, его структура и содержание соответствуют тексту диссертационной работы. Основные положения диссертации опубликованы в 9 печатных работах, в том числе в 7 рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК и индексируемых в системе Web of Science. 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, хорошо иллюстрирована. Она является законченным научным исследованием и отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор **Андрей Александрович Никифоров заслуживает** присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения и 25.00.04 – петрология, вулканология.

Старший научный сотрудник лаборатории геодинамики  
Геологического института СО РАН  
кандидат геолого- минералогических  
наук по специальности минералогия и  
кристаллография  
14.06.2021 г.

Орсоев Дмитрий Анатольевич

Адрес: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а  
Геологический институт СО РАН (ГИН СО РАН)  
e-mail: [magma@ginst.ru](mailto: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

«14» июня 2021 г.



С.А. Зангеева