

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.г.-м.н Толстых Надежды Дмитриевны на диссертацию Никифоровой Викторнии Сергеевны на тему: «Геохимия редких элементов в дунитах Светлоборского дунит-клинопироксенитового массива, Средний Урал», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Тема безусловно является актуальной, поскольку поиск нетрадиционных и альтернативных источников минерального сырья, в том числе платиновых металлов относится к Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации. Россыпеобразующие платиноносные массивы Урало-Аляскинского типа последнее время притягивают внимание исследователей, которых не оставляет надежда и уверенность обнаружить коренные и экономически-значимые залежи в этих массивах. Поведение редких элементов, их распределение в породах могут стать одним из инструментов, позволяющих успешно выполнить такие задачи. В связи с этим проведенные исследования являются *несомненно актуальными*. Цель исследований сформулирована четко, задачи, приводящие к достижению этой цели, логичны и обоснованы. Необходимость выявления геохимических критериев поисков платинового оруденения в дунитах делают тему изучения весьма актуальной.

Новизна исследований присутствует в диссертации. Хотя она недостаточно сформулирована во вводной части диссертации, тем не менее, можно отметить, что данные по содержанию и распределению редких элементов в жильных диопсидитах и метасоматитах Светлоборского массива автором приводятся впервые. *Практическая значимость исследований* очевидна, поскольку значимые корреляционные связи платины с определенными рудными элементами могут служить дополнительным критерием выявления коренного оруденения. Степень достоверности результатов обусловлена представительностью используемого фактического материала, большим количеством аналитических данных и непротиворечивостью полученных результатов с геологической информацией.

Первая глава посвящена описанию геологического строения Светлоборского массива, дайкового комплекса (хромититы, горнблендиты и диопсидиты) на основе фондовых источников и литературных данных о строении массива и рудной зоны, а также собственного изучения жильных пород массива. История геологического изучения Светлоборского массива в Главе 1 отражена в полной мере, показаны

33 - 9
02.03.2021г.

результаты поэтапного исследования этого массива с возрастанием его детальности. Соискателем обобщены данные, полученные за всю историю этого исследования. Дана характеристика жильным породам и определена последовательность их образования. Особое место в этой главе занимает описание строения рудоносной Зоны Высоцкого. Вывод этой главы заключается в том, что до сих пор использовался только структурный и петрографический контроль для поисков платинового оруденения, тогда как геохимический контроль до сих пор не учитывался. И в этом также можно усматривать *новизну исследований*, которая не отмечена соискателем в соответствующем разделе.

Глава 2 характеризует состав породообразующих минералов, в частности, оливина. Приведены данные о двух генерациях оливина разной степени рекристаллизации. В результате исследований процессов серпентинизации автор продемонстрировал три этапа ее развития, от петельчатого lizardита к линейному lizardиту по трещинам и к третьему антигоритовому (антигорит сечет и замещает первые два). Автор сосредоточил свое внимание на сравнении серпентинов из дунитов Светлоборского массива и зоны Высоцкого, привлекая при этом дифрактометрические и дифференциально-термические TG, DTG, DTA и DDTA кривые. Сравнение оливинов из нерудной и рудной зон приведены как по химическим анализам этого минерала, так и по дифрактометрическим кривым; оба подтверждают большую никеленосность оливина в дунитах рудопроявления Высоцкого. Эти же методы исследования вещества жильных диопсидитов и горнблендитов Светлоборского массива привели соискателя к выявлению различных типов вторичных изменений (замещений) в этих породах.

Глава 3 непосредственно относится к целям и задачам диссертации и обосновывает защищаемые положения. В первую очередь отмечаются повышенные концентрации алюминия, титана, кальция, натрия и фосфора в дунитах массива за счет их амфиболизации и флогопитизации. Увеличение концентрации этих компонентов коррелируется с последовательностью внедрения жильных пород и их метасоматическими преобразованиями. Автором показано, что платиноносные дуниты в большей степени обогащены также никелем, кобальтом, хромом и марганцем, но особенно ванадием.

Корреляционные связи между элементами и результаты факторного анализа нескольких групп элементов (группы железа, редких элементов: транзитные, крупноионные высокочargedные, а также элементы платиновой группы) позволили

выявить и обосновать два защищаемых положения. Одно касается элементов индикаторов, совместимых с кристаллизацией дунитов (элементы группы железа), другое обуславливает связь накопления платины с элементами, совместимыми для жильных пород, внедренных в дуниты в рудопроявлении Высоцкого. Защищаемые положения подтверждаются и обоснованы полученными данными.

Четвертая глава рассматривает вторичные геохимические ореолы рассеяния в пределах рудопроявления Высоцкого. Анализ полученных данных, включающий в себя корреляционный и факторный анализы по 171 пробам обосновывает третье защищаемое положение о том, что ореолы Pt и Pd генетически связаны с Ni-Co-Mn-Cr ассоциацией элементов.

В пятой главе автор приводит генетические типы платиновой минерализации (ассоциации) и различные гипотезы их образования. Цель этой главы показать пространственную зависимость платинового оруденения от даек, при этом профиль на рисунке 5-3 показывает идентичные аномалии вблизи как горнблендитовых, так и диопсидитовых жильных пород. Соискатель применила корреляционный и факторный анализы, на основе которых сделала вывод о влиянии дайковых и жильных пород на изменение химического состава платиноносных дунитов. Результаты этой главы не вошли в защищаемые положения.

В целом, диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой были описаны особенности распределения главных и редких элементов для платиноносных дунитов Светлоборского массива. Автором показан пространственный и геохимический контроль жильных пород (даек) на распределение элементов платиновой группы.

Автором констатируется, что внедрение даек и жил горнблендитов (мономинеральных и плагиоклазовых) и диопсидитов оказывает влияние на изменение химического состава и платиноносность дунитов, поэтому процесс внедрения даек и жил на Светлоборском массиве является важной генетической особенностью массива.

По итогам выполненных исследований поставленная цель и задачи были выполнены: выявлены особенности распределения главных и редких элементов в дунитах Светлоборского массива, в том числе в дунитах рудопроявления Высоцкого; наряду с имеющимися структурными и петрохимическими признаками автором были установлены геохимические поисковые критерии коренного оруденения. Выявлены две

ассоциации элементов: «дунитовая» (Cr, Ni, Co, Mn) и «горнблендитовая» (Zn, W, P), которые являются индикаторными на платиноносность пород в Светлоборском массиве. Показано, что индикаторные ассоциации элементов во вторичных ореолах рассеяния могут быть использованы при литохимических поисках платинового оруденения. Таким образом, можно считать, что научные положения являются обоснованными, большинство выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации являются достоверными.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 11 печатных работах, в том числе в 4 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, (Перечень ВАК), в 1 статье - в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования (Web of Science, Scopus).

Ниже приведены замечания к работе.

Замечания, касающиеся интерпретации данных и генезиса платиновой минерализации:

1. Первое Защищаемое положение расходится с «Научной Новизной» в отношении ванадия (V). В защищаемом положении V наряду с Cu и Pb входит в состав безрудной «клинопироксенитовой» ассоциации. В пункте «Научная новизна» сказано, что V совместно с Ni, Co, Cr, Mn входит в состав дунитовой ассоциации из рудопроявления Высоцкого (обогащенной платиной).
2. Понятие о метасоматической «хромитизации» массивов Урало-Аляскинского типа не укладывается в представление рецензента о генезисе этих объектов. Кристаллы хромшпинелида, выстилающие трещины отдельности в дунитах, по мнению автора «несомненно свидетельствуют о метасоматическом происхождении». Нет никакой несомненности. Хромитовые жилы, выполняющие трещины отдельности или другие ослабленные зоны в дунитах, возникающие в результате усадки при их кристаллизации, образовывались, по мнению рецензента в результате инъекций остаточного более низкотемпературного, Cr-обогащенного расплава, который может быть либо обогащен платиной, либо нет.
3. С одной стороны, защищаемые положения подтверждаются и обоснованы полученными данными, с другой стороны, остается открытым вопрос, каким образом

дайки диопсидитов и горнблендитов, внедренные после формирования дунитов, могли так существенно влиять на обогащение матричных дунитов платиной, если сами они не были обогащены изначально этим элементом. Соискатель и его соавторы не рассматривают гипотезу, что только структурный контроль определяет пространственное наложение платины и несовместимых с дунитами элементов. По системам трещин неоднократно проникали остаточные расплавы, обогащенные платиной и отлагали платиновую минерализацию (более богатую за счет легкости просачивания по трещинам и неоднократности этих действий). По этим же системам трещин впоследствии внедрялись дайки и жилы более фракционированных пород, не имеющих к платине никакого отношения. Элементы, совместимые с дайками, и не совместимые с дунитами, частично мигрировали в дуниты. В результате этой миграции происходило только пространственное наложение платины с этими элементами. И более поздние дайки не могли оказывать влияние на перераспределение платины.

Замечания, относящиеся к рекомендациям:

Актуальность темы недостаточно раскрыта соискателем во вводной части диссертации, хотя она несомненно имеется и отмечается рецензентом в первой части отзыва.

Новизна исследований во вводной части недостаточно раскрыта. Перечисление полученных результатов не приводят к пониманию, насколько они являются новыми и оригинальными по сравнению с ранее известными данными по Светлоборскому массиву или аналогичным объектам. Тем не менее из главы 3 становится очевидным, что данные по содержанию и распределению редких элементов в жильных породах (за исключением горнблендитов) и метасоматитах Светлоборского массива приводятся впервые.

Раздел главы 2 о хромититах полностью составлен по литературным данным. Даже если автор ссылается на работы прошлого столетия, следует пользоваться общепринятыми международными классификациями, в которых отсутствуют такие минералы, как осмирид или несвянскит. В современной классификации для Os-Ir-Ru сплавов применяются минеральные виды: осмий, иридий, рутений и рутениридосмин.

Повышенные (в 11-кратном количестве) концентрации ванадия в рудопроявлении Высоцкого автор связывает с близостью клинопироксенитовой оболочки. В составе чего ванадий мигрирует из клинопироксенитов в дуниты?

Рис. 3-9 свидетельствует, что ванадий значительно преобладает в рудопроявлении Высоцкого по сравнению с безрудными дунитами массива, но в первом защищаемом положении ванадий оказывается признаком «безрудных дунитов». Следует более четко оценивать роль ванадия в различных типах пород.

В качестве выводов автор приводит тезис: «В пределах рудопроявления Высоцкого был выделен новый тип платинового оруденения в платиноносных дунитах, приуроченный к приконтактной зоне дунитового ядра». Следует подчеркнуть, что этот тип выделен до автора предыдущими исследователями.

Несмотря на сделанные замечания, которые носят в основном, дискуссионный характер, можно заключить, что диссертация «Геохимия редких элементов в дунитах Светлоборского дунит-клинопироксенитового массива, Средний Урал», представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор – Никифорова Виктория Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Официальный оппонент,

Ведущий научный сотрудник Института Геологии и Минералогии СО РАН им. В.С. Соболева (ИГМ СО РАН), д.г.-м.н.

Толстых Надежда Дмитриевна

Тел.: +79137415394; e-mail: tolst@igm.nsc.ru
15.02.2021

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ

ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ

ЩИПОВА Е.Е.

15.02.2021

Подпись Толстых Надежды Дмитриевны заверяю (дата, подпись, печать организации)

630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН)

