

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сергея Юрьевича Степанова «СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ХРОМИТ-ПЛАТИНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВЫХ МАССИВАХ СРЕДНЕГО УРАЛА», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

192 года назад в Санкт-Петербургском Горном кадетском корпусе профессорами Петром Григорьевичем Соболевским и Василием Васильевичем Любарским изобретен способ аффинажа сырой уральской платины с получением ковкого металла<sup>1</sup>. Пожалуй, это первое важное знаковое исследование уральской платины, выполненное в Горном университете. После него исследования этих объектов практически не прерывались в стенах этого вуза. Следует только вспомнить труды А.П. Карпинского, А.Н. Заварицкого, Н.К. Высоцкого, Е.Н. Барбот де Марни, А.Г. Бетехтин и другие титаны российской геологической науки. На протяжении веков тема уральской платины была в центре внимания ученых – выпускников и сотрудников Горного института. Наконец, следует вспомнить замечательного ученого и педагога Вадима Григорьевича Лазаренкова, который много лет изучал месторождения платиноидов, в том числе и на Урале. Труд Сергея Степанова является замечательным продолжением сложившейся традиции.

Всем известно, что практически все более-менее значимые россыпи платиновых металлов связаны с клинопироксенит-дунитовыми массивами Урала, Сибири, Камчатки, Аляски. Практически все запасы ЭПГ в этих россыпях отработаны, а оставшиеся ресурсы невелики. Логично, что внимание недропользователей переключилось на коренные источники металла. Наиболее активно разведочные мероприятия выполнены в пределах Нижнетагильского массива, и эти работы перемежались с эпизодической отработкой мелких тел хромититов. В последние годы выполнены поисковые работы на коренное платинометальное оруденение в пределах дунитовых ядер Гальмоэнанского (Камчатка) и Светлоторского (Средний Урал) массивов, а также на массиве Кондёр (север Хабаровского края). Собственно этим и обосновывается актуальность исследования С.Ю. Степанова, целью которого является определение закономерностей формирования и размещения платиновой минерализации в хромититах дунитовых ядер клинопироксенит-дунитовых массивов.

В основу работы положен фактический материал, собранный и обработанный лично автором, в ходе проведения геологосъемочных работ. Впечатляет тщательность опробования рудоносных зон (сеть 10x5 м) – всего изучено около 2 тыс. оптических препаратов. Важно, что препараты детально изучены петрографическим методом в оптическом микроскопе и именно это является основой для выводов автора, которые заверены электронномикроскопическими и иными современными методами исследования вещества.

Следует отметить достоверность полученных аналитических данных. Достоверность определяется использованием повторных анализов дубликатов проб и внутренних стандартов. Кроме того, оппонент отмечает тщательный подбор аналитических методик для конкретных целей исследования. Данные моменты положительно выделяет диссертационное исследование Сергея Степанова.

Полученный в ходе работы над диссертацией богатый и оригинальный фактический материал, наряду с тщательной проработкой результатов работ

<sup>1</sup> Соболевский, П. Г. Об очищении и обработке сырой платины, «Горный журнал», 1827, кн. 4.

предыдущих исследователей, позволил автору аргументировать защищаемые положения, убедительно показать научную новизну выполненных исследований и их актуальность.

Во введении формулируются цели и задачи исследования, обосновывается актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, приводятся данные об апробации работы.

В первой главе диссертации С.Ю. Степанов приводит анализ исследований платинометальных массивов Урала в исторической ретроспективе. В заключение главы автор приходит к выводу, что два самых важных вопроса происхождения дунитовых тел и месторождений – собственно природа дунитов и механизм формирования оруденения остаются дискуссионными.

Вторая глава работы отведена информации об использованных методиках исследования объектов и вещества. Важное внимание уделено методике полевых работ и отбора материала для исследований, методикам минералогическим и петрографическим и геохимическим исследований. Еще раз подчеркну, что методики исследований подобраны весьма тщательно и специально для конкретного вида работ. Единственное замечание – применение отдувки для сухого концентрирования требует либо применения специального оборудования, либо большого опыта в данной процедуре. В ином случае применение операции приведет к специфическим потерям, которые могут снизить представительность пробы зерен минералов ЭПГ.

В третьей главе приводится краткий анализ исследований геологического строения зональных клинопироксенит-дунитовых массивов Среднего Урала. Отдельное внимание уделено положению и строению Нижнетагильского, Светлоборского, Вересовоборского и Каменушенского интрузивов, которые являются основными объектами изучения в данном исследовании.

Четвертая глава является наиболее обширной в диссертации (почти половина текста работы), она посвящена структурно-вещественной характеристике хромит-платиновых рудных зон и вмещающих дунитов. Собственно результаты данного раздела являются доказательством первого положения. Весьма импонирует то, что основой результатов явились наблюдения автора структурно-текстурных особенностей и вещественного состава в петрографических препаратах и аншлифах. Огромный объем систематически отобранного материала позволил убедительно показать приуроченность обогащенных платиной зон (сгущения хромитсодержащих тел) к зонам структурных изменений в дунитах. Наблюдения выполнены весьма квалифицировано, результаты обработаны и грамотно оформлены. В качестве замечания отмечу следующее: в главе 4.3. автор упоминает о «представительных образцах», что, по мнению оппонента, является не корректным. Образцы не могут быть представительными какому-либо значительному геологическому объему (телу), вероятно, имеется в виду термин – характерные (типические) образцы.

Другое замечание следует рассматривать как некий совет. Традиционно считается что дуниты (мономинеральная порода, сложенная изометрическим минералом) обладает изотропной текстурой и лишь изредка в них наблюдаются явления директивных текстур. На самом деле, вероятно, они присутствуют значительно чаще. По опыту оппонента (на массиве Кондёр) ориентированные препараты из образцов дунита (по три препарата на образец) показали, что дуниты с директивными структурами встречаются в три раза чаще, чем при использовании «случайных» сечений. Кроме того, использование таких препаратов, особенно изготовленных в пространственно ориентированных образцах, позволило бы получить новые данные о структурных взаимоотношениях хромитовых шпиров с вмещающими дунитами и уточнить механизм их формирования.

Ну и наконец, обширные результаты тонких химических исследований минералов необходимо использовать для определения условий кристаллизации минеральных парагенезисов, например шпинелевый геотермометр (по цинку в хромшпинелиде)<sup>2</sup>

Обоснование второго защищаемого положения выглядит весьма убедительно о чем свидетельствуют результаты наблюдений и исследований, приведенных в четвертой, пятой и шестой главах. Оппонент согласен с основными доводами автора.

Пятая глава посвящена исследованию минералогии ЭРГ хромититов дунитовых частей клинопироксенит-дунитовых массивов. Результаты исследований поражают обилием и тщательностью обработки, автор не ограничивается традиционным набором «микрозондовых» анализов железо-платиновых сплавов, он проводит рентгеноструктурные исследования, без которых не возможна точная идентификация минерального вида в этом ряду металлических сплавов. Следует отметить, что исследование было бы законченным, если наряду с рентгеновскими данными были бы изучены магнитные характеристики минерала – упорядоченная изоферроплатина антиферромагнитная, а неупорядоченный раствор, по составу отвечающий изоферроплатине – ферромагнитен.

Требуется пояснения, на каких данных построена таблица 18? Если это целиком авторские данные, то как они соотносятся с литературными?

Весьма убедительным выглядит парагенетический анализ на основе изучения онтогении минералов, все это позволило построить последовательность минералообразования в хромит-платиновых рудных зонах клинопироксенит-дунитовых массивов Урала. Автор показал, что при формировании руд выделение платинометальной минерализации происходило в два этапа:

- магматическая кристаллизация Pt-Fe твердых растворов совместно с хромшпинелидами;

- преобразование (замещение) первичного парагенезиса сначала минералами группы тетраферроплатины, а, затем, пестрой группой минералов сульфидов, сульфоарсенидов, плюмбидов и меркуридов элементов платиновой группы.

Третье защищаемое положение выглядит обоснованным, и, хотя его положения не являются откровением, обилие фактического материала и тщательность обработки результатов выводит решение данного вопроса на новый высокий уровень.

В качестве пожелания, хотелось бы увидеть в данной главе – насколько однообразен процесс минералообразования в рудах изученных массивов? Есть ли вариации, флуктуации?

В последнем разделе работы (6.5) автор приходит к обоснованию комплекса рациональных методов при постановке поисково-оценочных и геологоразведочных работ. В целом, оппонент согласен со схемой предложенной С.Ю. Степановым, поскольку он принимает за рудное тело не отдельные хромитовые шпирсы, а области сгущения хромитовой минерализации. Присутствие хромшпинелида является необходимым, но не достаточным условием появления платинометальной минерализации. Поэтому на поисковой стадии основные усилия должны направляться на построение контура рудного тела хромшпинелидов, внутри которого будет заключено потенциально промышленное платиновое оруденение. На разведочной стадии – основной метод подсчета ресурсов будет валовое крупнотоннажное валовое опробование (как это было осуществлено на Гальмоэзване, там отбирались валовые пробы по 100 тонн), но не механически, а с учетом распределения петрографических разностей дунитов и контуров хромитовой

<sup>2</sup> Ю.Г. Лаврентьев и др. Электронно-зондовое определение примесей цинка и никеля в хромшпинелидах для целей геотермометрии перидотитов //Геология и геофизика, 2005, №7.

минерализации. Для расчёта ресурсов оруденения на глубину придется использовать высокопроизводительные методы бурения с проходкой скважин по густой сети (метод с обратной продувкой РС хорошо себя зарекомендовал при поисковых работах на массиве Кондёр).

В целом, представленная оппоненту работа представляет собой законченное исследование, насыщенное новой свежей оригинальной информацией о распределении, формах нахождения и геохимических ассоциациях платиновых металлов в ряде массивов Среднего Урала. По объему фактического материала, постановке проблемы, методам, используемым для ее решения, и качеству полученных результатов диссертация полностью соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Правительством РФ № 842 от 24.09.2013.

Основные результаты исследований и выводы по защищаемым положениям изложены в пяти трудах в публикациях, рекомендованных ВАК, что свидетельствует о высоком профессиональном уровне автора работы.

Сергей Юрьевич Степанов достоин присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Доцент кафедры геологии месторождений полезных ископаемых, кандидат геолого-минералогических наук, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»,

Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9  
89216516710, s.petrov@spbu.ru

Я, Петров Сергей Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

11.09.2018

Сергей Викторович Петров

